



# Guía práctica

de soluciones tecnológicas y riego  
eficiente para el arroz por trasplante



Gobernación  
del Huila



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA



# **Guía práctica de soluciones tecnológicas y riego eficiente para el arroz por trasplante**

**Sofiane Ouazaa**

**Nesrine Chaali**

**Camilo Ignacio Jaramillo Barrios**

**John Edison Calderón Carvajal**

**Darío Fernando Pineda Suárez**

**Alefsi David Sánchez Reinoso**

**Mosquera, Colombia, 2025**

**Colección Alianzas AGROSAVIA**



**La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)**

**Centro de Investigación Nataima**

Kilómetro 9, vía Espinal - Ibagué, Tolima.  
Código postal 733520, Colombia

Esta publicación hace parte del proyecto "Desarrollo de estrategias ecoeficientes y transferencia de conocimiento para mejorar la productividad de pequeños productores de arroz bajo el sistema de trasplante mecanizado en el centro y norte del departamento del Huila", BPIN 2021000100200, financiado por el Sistema General de Regalías del Huila.

**Colección Alianzas AGROSAVIA**

**Tipología:** Cartilla

**Fecha de recepción:** 5 de noviembre de 2024

**Fecha de evaluación:** 3 de febrero de 2025

**Fecha de aceptación:** 20 de abril de 2025

**Primera edición:** agosto de 2025

**Tiraje:** 500 ejemplares

**Impresión:** GDP Editores S.A.S.

**Editorial AGROSAVIA**

editorial@agrosavia.co

**Dirección editorial:**

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

**Edición:**

Jorge Enrique Beltrán Vargas

**Corrección de estilo:**

Amalia Tapiero

**Diseño editorial y diagramación:**

Sonia A. Rodríguez Rodríguez

**Ilustraciones:** Vecteezy.com e imágenes generadas a partir de fotografías de los autores mediante ChatGPT de OpenAI (modelo DALL-E), 2025

**Citación sugerida:** Ouazaa, S., Chaali, N., Jaramillo-Barrios, C. I., Calderón Carvajal, J. E., Pineda Suárez, D. F., & Sánchez Reinoso, A. D. (2025). *Guía práctica de soluciones tecnológicas y riego eficiente para el arroz por trasplante*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7408126>

Guía práctica de soluciones tecnológicas y riego eficiente para el arroz por trasplante. / Sofiane Ouazaa [y otros cuatro] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2025.

52 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, gráficos y tablas.

ISBN: 978-958-740-814-0

ISBN e-Book: 978-958-740-812-6

1. *Oryza sativa* 2. Riego 3. Trasplante 4. Clima 5. Balance hídrico 6. Preparación del suelo 7. Huila (Colombia). I. Ouazaa, Sofiane II. Chaali, Nesrine III. Jaramillo Barrios, Camilo Ignacio IV. Calderón Carvajal, John Edisson V. Sánchez Reinoso, Alefsi David.

**Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc**

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno con relación a los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.



<https://co.creativecommons.net/tipos-de-licencias/>

**Línea de atención al cliente: 018000121515**

[atencionalcliente@agrosavia.co](mailto:atencionalcliente@agrosavia.co)

[www.agrosavia.co](http://www.agrosavia.co)

# Contenido

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Agradecimientos.....                                                                                | 4         |
| Presentación.....                                                                                   | 5         |
| Introducción.....                                                                                   | 7         |
| <b>1. Del reto hídrico a la innovación:<br/>trasplante de arroz en Huila .....</b>                  | <b>9</b>  |
| Desafíos climáticos en el cultivo de arroz.....                                                     | 10        |
| Infraestructura y distritos de riego en Huila .....                                                 | 13        |
| Métodos de trasplante del arroz .....                                                               | 16        |
| <b>2. Herramientas prácticas para el requerimiento<br/>hídrico y la programación de riego .....</b> | <b>21</b> |
| Clima.....                                                                                          | 22        |
| El balance hídrico agrícola.....                                                                    | 25        |
| Determinación espacial de la humedad del suelo .....                                                | 27        |
| Preparación del campo para<br>la aplicación del riego .....                                         | 29        |
| Diseño y construcción de piscinas.....                                                              | 30        |
| Aplicación del riego por inundación .....                                                           | 32        |
| <b>3. Transformando la inundación tradicional<br/>en riego de precisión .....</b>                   | <b>36</b> |
| Riego por sitio específico como alternativa<br>eficiente para optimizar el uso del agua .....       | 37        |
| Referencias.....                                                                                    | 49        |
| Autoría .....                                                                                       | 52        |

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Gobernación del Huila, a la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz), a la Universidad Surcolombiana y al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), sede La Angostura.



# Presentación

**E**l proyecto “Desarrollo de estrategias ecoeficientes y transferencia de conocimiento para mejorar la productividad de pequeños productores de arroz bajo el sistema de trasplante mecanizado en el centro y norte del departamento del Huila” (BPIN: 2021000100200), busca desarrollar y transferir prácticas ecoeficientes de manejo integrado del sistema productivo de arroz por trasplante mecanizado. Su propósito es mejorar la productividad de los pequeños y medianos productores del centro y norte del departamento del Huila.

Esta iniciativa incorpora alternativas innovadoras para la cadena productiva del arroz en el departamento y busca alcanzar los siguientes resultados:

1. Implementación de tecnologías innovadoras para el uso eficiente del recurso hídrico basadas en el concepto de agricultura de precisión.
2. Aplicación de técnicas orientadas a la recuperación de las características físicas y químicas del suelo.
3. Formulación de recomendaciones sobre variedades y densidades de siembra que se ajusten a la tecnología y contribuyan al aumento de la productividad del cultivo de arroz bajo el sistema de trasplante mecanizado, tanto en variedades como en híbridos comerciales.
4. Adopción de prácticas ecoeficientes mediante estrategias de transferencia de conocimiento con enfoque en ciencia, tecnología y sociedad.

El proyecto se desarrolló en los municipios de Aipe, Palermo y Campoalegre (Huila), con financiación del Sistema General de Regalías. Su ejecución fue liderada por la Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) a través del Centro de Investigación Nataima, y contó con el apoyo de aliados como

la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz), la Universidad Surcolombiana, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y la Gobernación del Huila.

Finalmente, esta publicación integra una colección de tres documentos técnicos diseñados para apoyar a diferentes públicos de interés (productores, asistentes técnicos, comunidad científico, instituciones educativas, entidades gubernamentales, entre otros) y contribuir a la sostenibilidad del cultivo de arroz en el Valle del Alto Magdalena. La colección está compuesta por un modelo productivo y dos cartillas:

- I. *Modelo productivo para el cultivo de arroz en el Valle Cálido del Alto Magdalena, Colombia*
- II. *Guía práctica para el trasplante mecanizado de arroz en el centro y norte del Huila*
- III. *Guía práctica de soluciones tecnológicas y riego eficiente para el arroz por trasplante*



# Introducción

**E**l arroz es un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria mundial y constituye un motor económico en muchas regiones. En Colombia, genera empleo, equidad y mejores ingresos para las familias rurales (Torre-Rivera & Córdoba-Cantero, 2022). Sin embargo, en el departamento del Huila este cultivo enfrenta dos retos complementarios: la presión por abastecer el mercado nacional y la alta demanda de agua de riego que requiere su producción. El Huila es el segundo departamento del país en producción y área sembrada en la zona arrocerá del centro del país (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] & Federación Nacional de Arroceros [Fedearroz], 2024).



En esta región, el riego por inundación con melgas o piscinas —método predominante— puede perder hasta la mitad del agua aplicada, ya que su eficiencia rara vez supera el 50 % (Díaz, 2017). Este sistema, además, propicia pérdidas por percolación profunda y escorrentía superficial, lo que incrementa los costos de producción y favorece la erosión del suelo sin garantizar una distribución homogénea del agua.

El trasplante mecanizado surge como una alternativa viable, pues al sembrar plántulas establecidas en viveros directamente sobre suelo saturado se reduce significativamente la cantidad de agua aplicada y se acorta el ciclo de cultivo (Ruiz-Sánchez et al., 2016). No obstante, aún se carece de una guía clara que oriente a los productores hacia prácticas ecoeficientes enfocadas en el uso responsable del recurso hídrico. Entre las técnicas innovadoras complementarias, se destaca el riego por múltiples entradas, MIRI (*multiple inlet rice irrigation*), que distribuye el agua de manera localizada según las condiciones hídricas del suelo, y el riego intermitente alternado, AWD (*alternate wetting and drying*), que alterna periodos de mojado y secado para evitar excesos y déficits.

Por todo lo anterior, esta cartilla, titulada “Guía práctica de soluciones tecnológicas y riego eficiente para el arroz por trasplante”, se propone como una herramienta útil para los pequeños y medianos agricultores del Huila. En ella se presentan recomendaciones para adoptar el trasplante mecanizado, optimizar el uso del agua mediante sistemas de manejo como MIRI y AWD, y consolidar prácticas integradas que fortalezcan la competitividad y sostenibilidad del cultivo de arroz en la región.



An artistic illustration of a rural agricultural scene. In the foreground, a light blue motorized transplanting machine is being driven by two men wearing hats and work clothes. The machine has several trays on its sides, each filled with green rice seedlings. They are moving along a muddy path in a field. In the background, a red tractor is pulling a wooden trailer. The landscape is filled with green trees and a cloudy sky. A large blue number '1' is superimposed over the left side of the image.

1

# Del reto hídrico a la innovación: trasplante de arroz en Huila

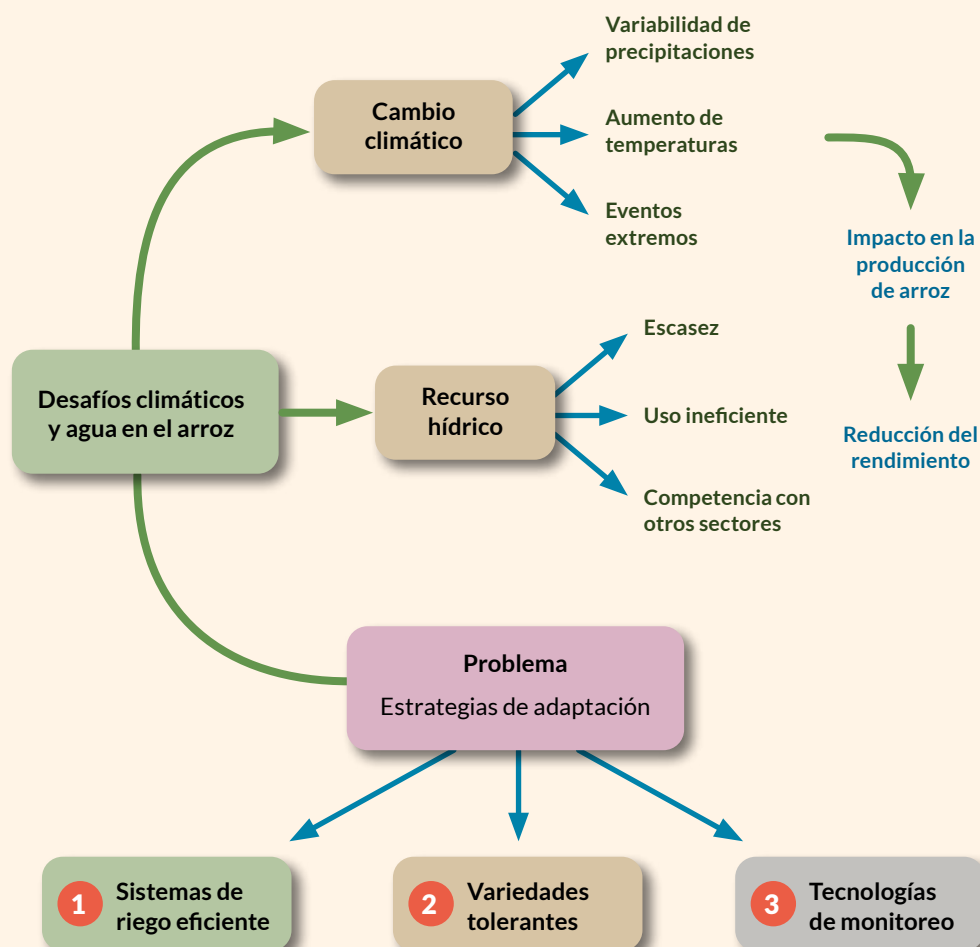
**E**n este capítulo encontrará las claves para entender cómo el cambio climático y la creciente escasez de agua están impactando la sostenibilidad del cultivo de arroz en el departamento del Huila. Se analizan los principales factores de vulnerabilidad —como la disminución de la oferta hídrica, la variabilidad climática y las limitaciones estructurales de los distritos de riego— que ponen en riesgo la productividad de un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria regional.

Ante este panorama, se presentan soluciones innovadoras centradas en la eficiencia y la adaptación. Destaca el trasplante mecanizado como una estrategia prometedora para reducir el uso de agua, mejorar la uniformidad del cultivo y fortalecer su resiliencia. Asimismo, se describen los distintos métodos de trasplante y su relevancia en la planificación agrícola, estableciendo las bases para un manejo hídrico más técnico y sostenible, que se abordará en los capítulos siguientes.

## Desafíos climáticos en el cultivo de arroz

**A** lo largo de su desarrollo, el cultivo de arroz se enfrenta a diferentes tipos de estrés, tanto biótico como abiótico. La sequía es el estrés abiótico más frecuente que afecta al cultivo de arroz en todo el mundo y limita su rendimiento (Lanna et al., 2021). El arroz es especialmente sensible al déficit hídrico durante la germinación y las primeras etapas de desarrollo. La imbibición de la semilla activa diversos procesos metabólicos, como la síntesis de proteínas, el crecimiento y el desarrollo celular (Matilla, 2008).

La reducción en la disponibilidad de agua provoca una disminución del potencial hídrico de los tejidos vegetales, lo que ocasiona una reducción en la presión de turgor. Esto, a su vez, limita la expansión celular y, por ende, el crecimiento de la planta (Lanna et al., 2021). Además, se reduce el desarrollo celular, lo que ocasiona una menor elongación de la planta, una disminución del área foliar y una reducción general en la producción de biomasa. En este sentido, la [figura 1](#) ilustra los principales retos relacionados con el recurso hídrico en el cultivo de arroz y las estrategias de resiliencia actualmente conocidas.



**Figura 1.** Retos del agua en el arroz y estrategias de resiliencia.

Fuente: Elaboración propia

El manejo eficiente del agua de riego en el cultivo de arroz es una estrategia clave para enfrentar los desafíos climáticos e hídricos en Colombia. La [tabla 1](#) presenta acciones concretas enfocadas en la tecnificación del riego, el monitoreo hídrico, la planificación del uso del agua, la capacitación técnica y la gestión colectiva del recurso. Estas acciones buscan optimizar el uso del agua, reducir la vulnerabilidad del cultivo frente a la variabilidad climática y fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo arrocero en el departamento del Huila.

**Tabla 1.** Acciones requeridas para optimizar el uso del agua y reducir la vulnerabilidad del cultivo frente a la variabilidad climática

| Acción                                                                                                                        | Acción específica                                                                                                         | Beneficios                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tecnificación del riego</b><br>           | Implementar riego alternado moje y secado (AWD).                                                                          | Reducir el uso de agua sin afectar el rendimiento del cultivo.                                    |
|                                                                                                                               | Adaptar el riego por gravedad con uso de mangueras, compuertas y nivelación. Uso del riego por múltiples entradas (MIRE). | Mejorar la eficiencia y la distribución uniforme del agua.                                        |
| <b>Monitoreo hídrico</b><br>                | Usar sensores de humedad de suelo.                                                                                        | Determinar momentos óptimos para aplicar riego y cuantificación de la lámina que se va a aplicar. |
|                                                                                                                               | Instalar estaciones meteorológicas locales.                                                                               | Anticipar déficits hídricos y ajustar calendarios de riego.                                       |
| <b>Planificación y calendarización</b><br> | Ajustar fechas de siembra según pronósticos climáticos.                                                                   | Evitar coincidencia con periodos de escasez o exceso hídrico.                                     |
|                                                                                                                               | Diseñar planes de riego por unidad productiva.                                                                            | Optimizar el uso del recurso hídrico según la disponibilidad local.                               |
| <b>Capacitación técnica</b><br>            | Formar a productores en manejo eficiente del agua.                                                                        | Promover la adopción y la apropiación de tecnologías de bajo costo y alta eficiencia.             |
|                                                                                                                               | Difundir prácticas de riego sostenible desde centros de investigación,                                                    | Facilitar la transferencia de conocimiento técnico-validado.                                      |

Continuación

| Acción                                                                                                                                     | Acción específica                                                                      | Beneficios                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <div><b>Gestión del recurso hídrico</b></div> <div></div> | Promover el almacenamiento de agua lluvia y agua superficial construyendo reservorios. | Aumentar la resiliencia en zonas con variabilidad hídrica.      |
|                                                                                                                                            | Promover acciones participativas y asociaciones de usuarios de riego.                  | Coordinar mejor el uso colectivo y la distribución del recurso. |

Fuente: Elaboración propia

Así, el cultivo de arroz en el Huila no solo enfrenta desafíos crecientes derivados del cambio climático, sino que estos se ven agravados por las limitaciones existentes en la infraestructura de riego. Esta doble presión, climática y estructural, restringe la capacidad de adaptación del sistema productivo y pone en riesgo la sostenibilidad del cultivo. Por lo tanto, abordar y mejorar el estado actual de los distritos de riego se convierte en una acción prioritaria para incrementar la eficiencia en el uso del agua, fortalecer la resiliencia del cultivo y garantizar su viabilidad en un contexto de creciente incertidumbre climática.

## Infraestructura y distritos de riego en Huila

Los distritos de riego son infraestructuras civiles que captan agua de una fuente, ya sea superficial o subterránea, y la conducen a través de redes de distribución hacia las unidades productivas agropecuarias. Su propósito es disminuir el riesgo de pérdidas por sequía y mejorar, a la vez, la productividad de los sistemas agrícolas.

En el departamento del Huila, la infraestructura de riego —en especial los distritos Túnel del Iguá, El Juncal (figura 2) y Tesalia— es clave para la sostenibilidad de la producción agrícola, particularmente del cultivo de arroz. Sin embargo, no se dispone del funcionamiento pleno de estos distritos, ya que una parte de la infraestructura no se encuentra activa y, en algunos casos, requiere procesos urgentes de rehabilitación y modernización para operar adecuadamente.

La región depende en gran medida de los distritos de riego, los cuales presentan distintas escalas de operación y niveles variables de eficiencia en el uso del agua, lo cual evidencia una alta heterogeneidad entre las subzonas hidrográficas. Aunque en algunos municipios existe cierta diversificación agrícola, el arroz continúa siendo el cultivo predominante, lo que refuerza la necesidad de optimizar la gestión del recurso hídrico.



La infraestructura actual, junto con los costos de operación y mantenimiento, plantea desafíos significativos para la sostenibilidad agrícola y la rentabilidad de los productores locales. En la tabla 2 se presentan los datos resumidos de los distritos de riego y del uso del agua.

**Figura 2.** Canal de Riego en el Distrito de Asonjucal.

Foto: Sofiane Ouazaa

Tabla 2. Infraestructura y uso del agua en el departamento del Huila

| Categoría                        | Indicador / Dato                                                           | Fuente                                                                                                     |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Superficie total con riego       | 17.846 ha con algún tipo de infraestructura.                               | (Agencia de Desarrollo Rural [ADR], 2024)                                                                  |
| Distritos activos                | 8.441 ha en operación (47 % del total), principalmente para arroz.         | ADR (2024)                                                                                                 |
| Distritos inactivos o degradados | 10 % no operativos, muchos requieren rehabilitación urgente.               | ADR (2024)                                                                                                 |
| Número y tamaño de distritos     | 15 en total para arroz: 11 pequeños (<500 ha) y 4 medianos (500–2.000 ha). | Gobernación del Huila & Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] (2022)                           |
| Municipios clave con riego       | Campoalegre, Palermo, Aipe, Tesalia, Villavieja y Yaguará.                 | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2019) y Gobernación del Huila (2022) |
| Cultivo principal                | Arroz (predomina en Campoalegre, Palermo, Aipe y Tesalia).                 | ADR (2024)                                                                                                 |
| Otros cultivos                   | Maíz, sorgo, frutales (Villavieja y Yaguará).                              | UPRA (2022)                                                                                                |
| Costo de rehabilitación          | 11,5 a 18,6 millones de pesos por ha para modernizar la infraestructura.   | Gobernación del Huila (2022)                                                                               |
| Dependencia energética           | Alta dependencia de bombeo, lo cual implica un alto costo del agua.        | Gobernación del Huila (2022)                                                                               |

Fuente: Elaboración propia

En el Huila, los sistemas de riego actuales —en particular aquellos que dependen de la captación de agua mediante bombeo— implican costos operativos elevados debido a su baja eficiencia energética. Esto impacta directamente en el precio del agua y reduce la rentabilidad del cultivo de arroz, principal actividad agrícola en muchos distritos. En localidades como Campoalegre y Palermo, que cuentan con amplias áreas dedicadas al cultivo de arroz, la modernización de los sistemas de riego podría disminuir significativamente estos costos, lo cual incrementa la competitividad del arroz tanto en el mercado nacional como en el internacional.

Además de la modernización de la infraestructura de riego, es necesario incorporar tecnologías de manejo del cultivo que optimicen el uso del recurso hídrico y mejoren el rendimiento productivo. En este sentido, el trasplante mecanizado se presenta como una solución complementaria, ya que permite asegurar un espaciamiento homogéneo y una densidad de plantas adecuada, lo cual maximiza la captación de radiación solar y contribuye a estabilizar la producción y aumentar la rentabilidad del cultivo de arroz.

## Métodos de trasplante del arroz

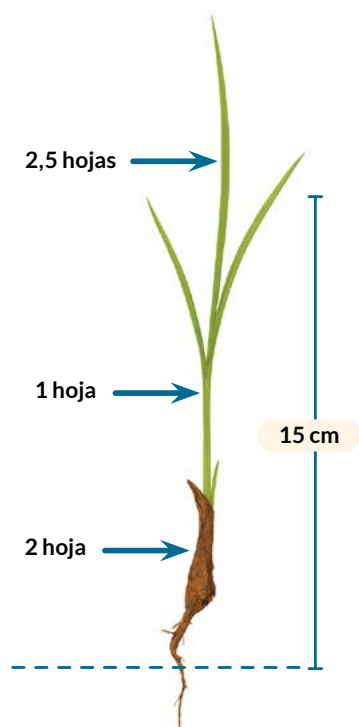
La siembra por trasplante es un método de plantación indirecta en el que las plántulas son cultivadas en un vivero y luego se trasladan y ubican en su sitio definitivo en campo. Este método se puede implementar de manera manual o a través de maquinaria especializada (figura 3).



**Figura 3.** Proceso de arroz por trasplante manual y mecanizado.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de freepik.com y construcción en ChatGPT

Cuando la plántula presenta al menos dos hojas y alcanza una altura de aproximadamente 15 cm, se puede realizar el trasplante; no obstante, este puede efectuarse entre las tres y seis hojas, dependiendo del genotipo y de las condiciones del lugar (figura 4). Las plántulas deben extraerse cuidadosamente del vivero para evitar daños en las hojas y las raíces. El trasplante generalmente



**Figura 4.** Plántula de arroz con características mínimas para el trasplante.

Fuente: Elaboración propia

se lleva a cabo entre los 20 y 35 días después de la emergencia, según la variedad y las condiciones climáticas. Una de las ventajas de este sistema de siembra es que permite utilizar una menor cantidad de semilla por unidad de área (Moreira, 2018).

A continuación, se describen los tipos de trasplante manual y el trasplante mecanizado que pueden implementarse en el cultivo de arroz:

## Trasplante manual

Este es el método más comúnmente utilizado en la producción de arroz; sin embargo, requiere una mayor cantidad de mano de obra. En este sistema, las plantas se establecen a una distancia de 15 a 25 cm, sin seguir necesariamente un patrón definido en la orientación del trasplante. Las raíces y la base del tallo se entierran en el barro a una profundidad de 2 a 3 cm (Alegría-Ríos, 2015).

## Trasplante manual de surcos

Para realizar el trasplante en hileras se emplean cuerdas marcadas con un espaciamiento entre plantas de 15 a 25 cm, que sirven como guía para los operarios. Se recomienda mantener una distancia entre hileras de 20 a 30 cm en este sistema de trasplante.

## Trasplante manual por sitio

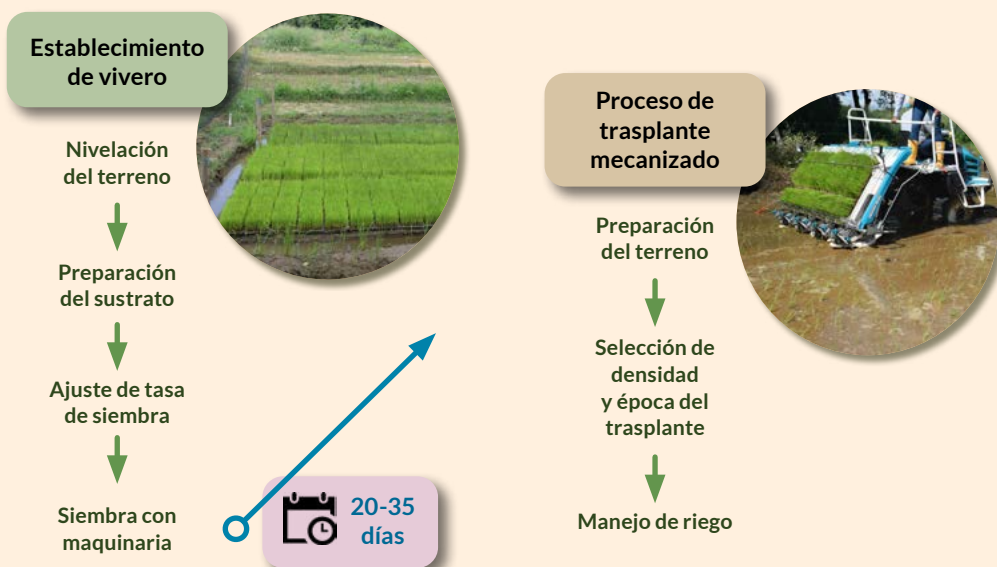
**E**n este método, es fundamental reducir al mínimo el tiempo de trasplante, idealmente manteniéndolo por debajo de treinta minutos, con el fin de disminuir el estrés de las plantas y evitar afectaciones en el rendimiento del cultivo. Se debe colocar una sola planta en cada punto de siembra, posicionándola exactamente en la intersección de las líneas marcadas en el terreno. Es importante prestar atención a la correcta colocación de la raíz: se debe evitar insertar la plántula verticalmente hacia abajo, ya que esto provoca una curvatura en forma de “J”. En su lugar, la raíz debe adoptar una forma de “L”, lo cual se logra deslizando suavemente la planta hacia atrás o hacia adelante hasta alcanzar la posición adecuada (Moreira, 2018).

## Trasplante mecanizado

**E**l sistema de trasplante mecanizado consiste en establecer plántulas previamente cultivadas en bandejas rectangulares o en viveros tipo alfombra (figura 5). Estas plántulas se trasplantan con un espaciamiento predeterminado mediante una máquina autopropulsada, sobre un terreno previamente preparado para lograr una consistencia lodosa (figura 6). En el caso del trasplante mecanizado con semilleros en bandejas rectangulares (figura 7), se debe procurar mantener las bandejas con las plántulas en condiciones de sombra y con un nivel de humedad adecuado evitando el exceso de agua.

El esquema de trasplante mecanizado incluye diversas etapas, las cuales se detallan en la cartilla *Guía práctica para el trasplante mecanizado de arroz en el centro y norte del Huila*.

El trasplante mecanizado debe realizarse en un suelo húmedo, con un ligero nivel de agua. Esto permite que el patín de la trasplantadora se deslice sin atascarse en el lodo y, al mismo tiempo, que la planta permanezca estable, es decir, que no se enganche ni se vuelque al ser colocada en el terreno.



**Figura 5.** Esquema de trasplante mecanizado de arroz.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 7.** Bandejas rectangulares con sustrato para vivero.

Foto: Camilo Jaramillo

**Figura 6.** Terreno lodoso listo para trasplante mecanizado.

Foto: Alefsi David Sánchez Reinoso



Entre los modelos de trasplantadoras comercializados en Colombia se encuentran el Kubota SPV-8C y la línea semillera Kubota SR-K800CN 2BZP-800 (figura 8).

Si bien los trasplantes automáticos implican una mayor inversión —tanto en maquinaria como en la producción de viveros, generalmente elaborados en bandejas plásticas—, son más rápidos y permiten cubrir superficies de plantación más amplias que los trasplantes manuales. En ambos métodos, es fundamental seleccionar las mejores plántulas para garantizar un adecuado establecimiento del cultivo.

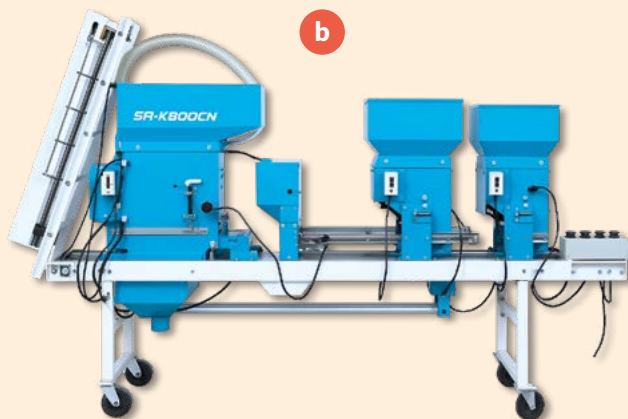
Después de analizar los retos climáticos que amenazan la disponibilidad de agua, las limitaciones estructurales de los distritos de riego en el Huila y los beneficios del trasplante mecanizado, resulta necesario examinar en detalle las estrategias específicas de manejo hídrico implementadas en el departamento.

En el siguiente capítulo se presentarán las principales técnicas de riego aplicables al cultivo de arroz por trasplante, desde los métodos tradicionales hasta los sistemas tecnificados, evaluando sus principios de funcionamiento, requerimientos operativos y potencial de ahorro de agua.



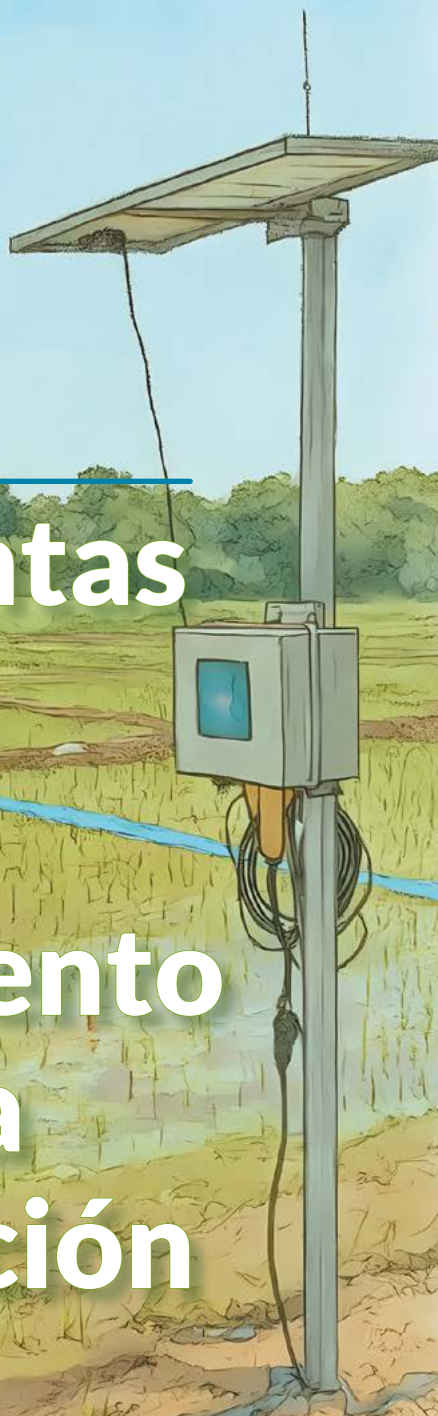
**Figura 8.** Equipos y maquinaria requeridos para el trasplante mecanizado de arroz. **a.** Maquinaria semillera; **b.** Trasplantadora.

Fotos: Alefsi David Sánchez Reinoso y tratamiento digital con ChatGPT



# 2

## Herramientas prácticas para el requerimiento hídrico y la programación de riego



**E**n este capítulo encontrará las claves para determinar con precisión cuánta agua requiere su cultivo de arroz y en qué momento aplicarla para sustituir el riego basado en la intuición por una gestión informada y eficiente. Primero se analizará cómo el clima influye en las necesidades hídricas del cultivo y, posteriormente, se presentarán los fundamentos del balance hídrico aplicados al arroz trasplantado.

Asimismo, se abordarán aspectos prácticos que permiten optimizar el manejo del agua en campo, como la preparación del terreno mediante nivelación de precisión, el diseño y la construcción de piscinas de riego, y la aplicación de láminas de agua a lo largo del ciclo del cultivo —desde el trasplante hasta el secado previo a la cosecha—. Estas prácticas ayudan a reducir las pérdidas por escorrentía o percolación, mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico y fortalecer la sostenibilidad y productividad del sistema arrocero.

## Clima

### ¿Cómo afecta el clima a las necesidades de agua?

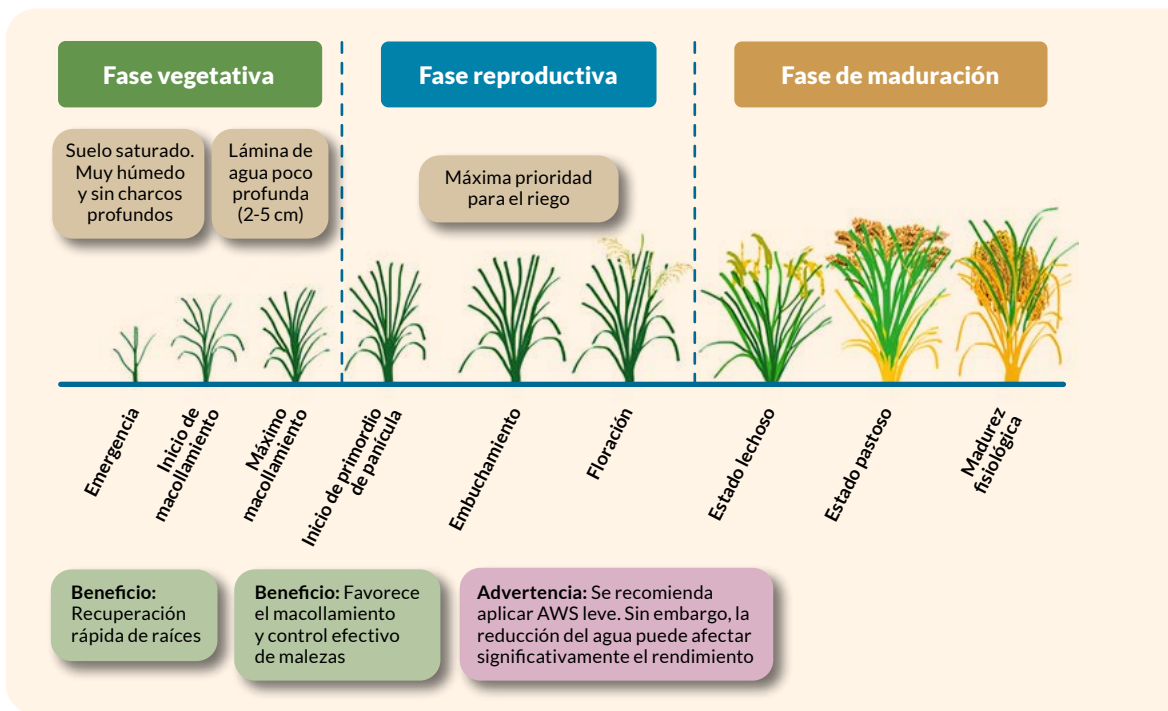
**E**l clima tiene una influencia decisiva en la cantidad de agua que requiere el cultivo de arroz. Cuando se presentan altas temperaturas, elevada radiación solar, vientos fuertes o baja humedad relativa, las plantas transpiran más y, por lo tanto, demandan una mayor cantidad de agua. En temporadas cálidas y soleadas, un arrozal puede necesitar más de 3.400 litros de agua para producir un kilogramo de grano (Universidad Nacional de Colombia [UNAL], 2022).

La lluvia representa un aporte fundamental. Según la cantidad y distribución de las precipitaciones en cada zona, puede suministrar entre el 10 % y el 60 % del agua que requiere el cultivo (Parra-Peña et al., 2022; Qin et al., 2023). Un aprovechamiento adecuado de este recurso permite reducir significativamente los costos de riego.

La temperatura también incide en el desarrollo del cultivo. Valores por encima o por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento del grano, ya que influyen en procesos fisiológicos clave como el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración (Chaudary et al., 2003).

## ¿Qué momentos son clave para el riego en arroz por trasplante?

En el trasplante mecanizado, las raíces de las plántulas pueden sufrir daños durante el proceso (Li et al., 2016). Por ello, los primeros 7 a 10 días posteriores al trasplante son un periodo crítico para el manejo del agua. En la [figura 9](#) se presenta una guía práctica por etapas sobre el manejo hídrico en el cultivo de arroz.

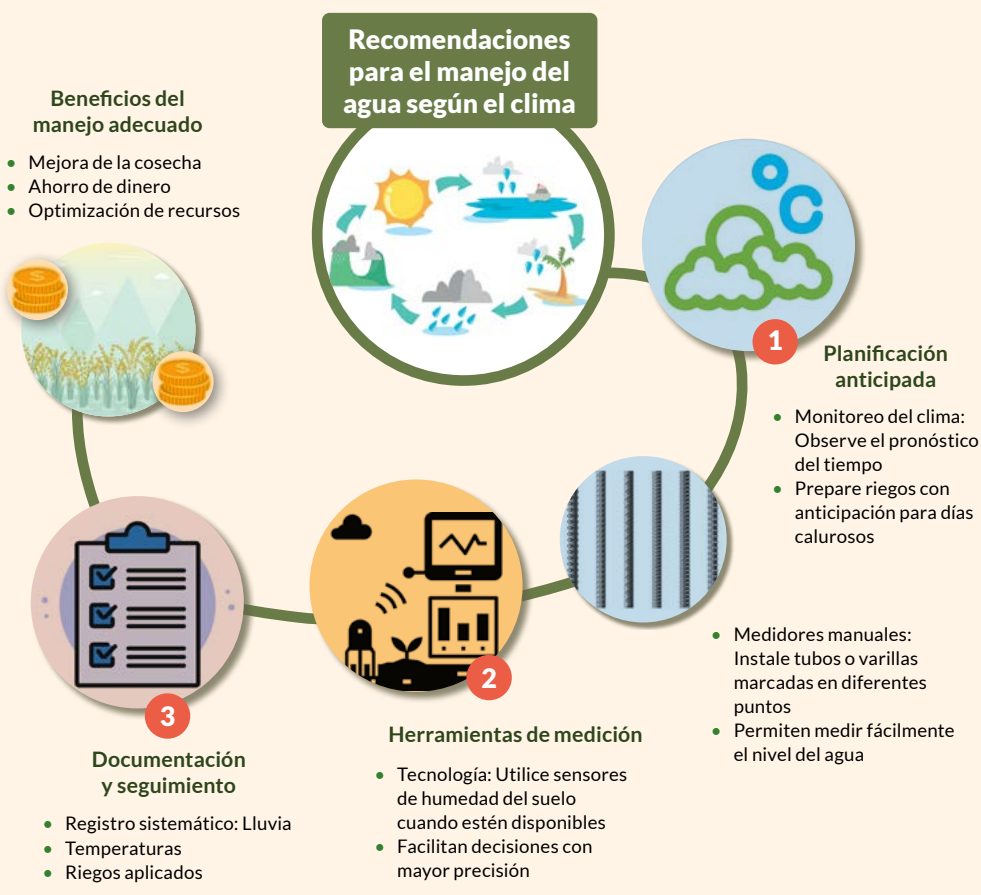


**Figura 9.** Manejo del agua en el cultivo de arroz. Guía práctica por etapas.

Fuente: Elaboración propia

## Consejos prácticos para indicar cuándo regar según el clima

En la figura 10 se presentan algunos consejos prácticos para determinar el momento oportuno de riego según las condiciones climáticas. Un manejo adecuado del agua en función del clima no solo mejora la productividad del cultivo, sino que también reduce costos y optimiza el uso de los recursos. La clave consiste en aplicar la cantidad exacta de agua en el momento preciso considerando siempre las condiciones ambientales.



**Figura 10.** Agua y clima. Guía práctica para el manejo eficiente del riego en su cultivo.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de vecteezy.com

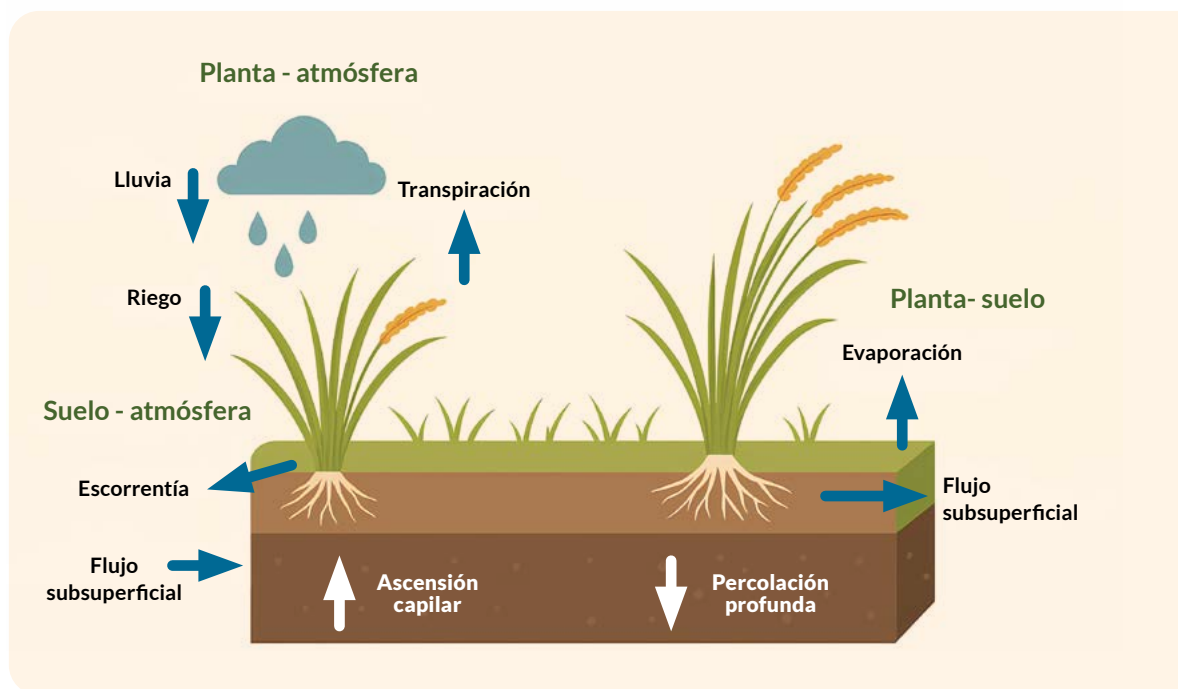
## El balance hídrico agrícola

El balance hídrico es un modelo cuantitativo que evalúa la dinámica del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera y que determina las necesidades de riego del cultivo (figura 11):

- **Entradas:** Lluvia + Riego.
- **Salidas:** Evapotranspiración (agua que usan las plantas y se evapora del suelo) + Escorrentía + Drenaje.
- **Almacenamiento:** Agua retenida en el suelo.

**Fórmula clave:**

**Agua disponible en el suelo = (Lluvia + Riego) – (Evapotranspiración + Pérdidas)**



**Figura 11.** Diagrama del balance hídrico en el sistema suelo-planta-atmósfera.

Fuente: Elaboración propia

## Componentes principales de un balance hídrico

- **Precipitación efectiva:** corresponde únicamente a la fracción de lluvia que realmente se infiltra en el suelo. En los arrozales, este aporte puede cubrir entre el 10 % y el 60 % de la demanda hídrica total.
- **Riego:** en el arroz por trasplante, la inundación inicial y las renovaciones periódicas constituyen el principal aporte controlado por gravedad.
- **Evapotranspiración del cultivo (ETc):** representa la demanda total de agua del cultivo, que incluye la evaporación superficial y la transpiración de las plantas. Se estima a partir del coeficiente de cultivo (Kc) y la evapotranspiración de referencia (ETo).
- **Escurrentía:** en sistemas nivelados con bordos, la escurrentía se minimiza, aunque puede presentarse durante inundaciones excesivas o cuando existen defectos de nivelación.
- **Percolación profunda:** depende de la textura del suelo y del espesor de la lámina de agua. Su control es esencial para evitar pérdidas innecesarias.
- **Cambio en el almacenamiento:** refleja las variaciones de humedad en el perfil radicular entre el inicio y el fin del período de balance. En arrozales bien gestionados, su magnitud suele ser pequeña.

## ¿Por qué es importante el balance hídrico para el arroz?

**A**plicado al arroz por trasplante, el balance hídrico permite optimizar la programación del riego al considerar tanto los aportes naturales como las pérdidas del sistema. Este enfoque facilita el ajuste de la lámina de agua y de la frecuencia de riego con el fin de maximizar el rendimiento del cultivo y la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

## Puntos clave para establecer un balance hídrico

- **Definición del período de balance:** se recomienda calcular el balance hídrico en intervalos semanales, lo que permite ajustar con rapidez los aportes de riego y las renovaciones de agua.
- **Medición de la lluvia:** se sugiere instalar pluviómetros locales o utilizar los datos oficiales del IDEAM.
- **Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc):** puede realizarse mediante tablas climáticas o modelos de la FAO, como CropWat, que permiten simular escenarios de programación de riego.
- **Estimación de la lámina de riego necesaria:**

$$\text{Lámina requerida} = \text{ETc} - \text{Lluvia efectiva}$$

- **Control de la lámina de riego:** se recomienda mantener una lámina de 5 a 10 cm de agua, con el fin de reducir la escorrentía y la percolación profunda, aumentar el tiempo de contacto del agua con la rizósfera y maximizar el almacenamiento en el suelo antes de cada renovación.

## Determinación espacial de la humedad del suelo

La variación en el rendimiento del arroz dentro de un mismo lote suele deberse a un riego uniforme que no considera las diferencias en la capacidad de retención de agua de cada zona del terreno. Esto provoca un uso ineficiente del recurso hídrico y un aumento en los costos de producción. Conocer las características del suelo permite optimizar el uso del agua, reducir pérdidas y mejorar la productividad.

Identificar las distintas zonas del lote según su contenido de humedad —mediante análisis de suelos o, si el presupuesto lo permite, con el uso de sensores y drones— facilita la aplicación de riego e insumos únicamente donde se requieren. De esta

forma, se reducen los costos, se protege el medio ambiente, se minimiza la erosión del suelo y se optimiza el aprovechamiento del recurso hídrico.

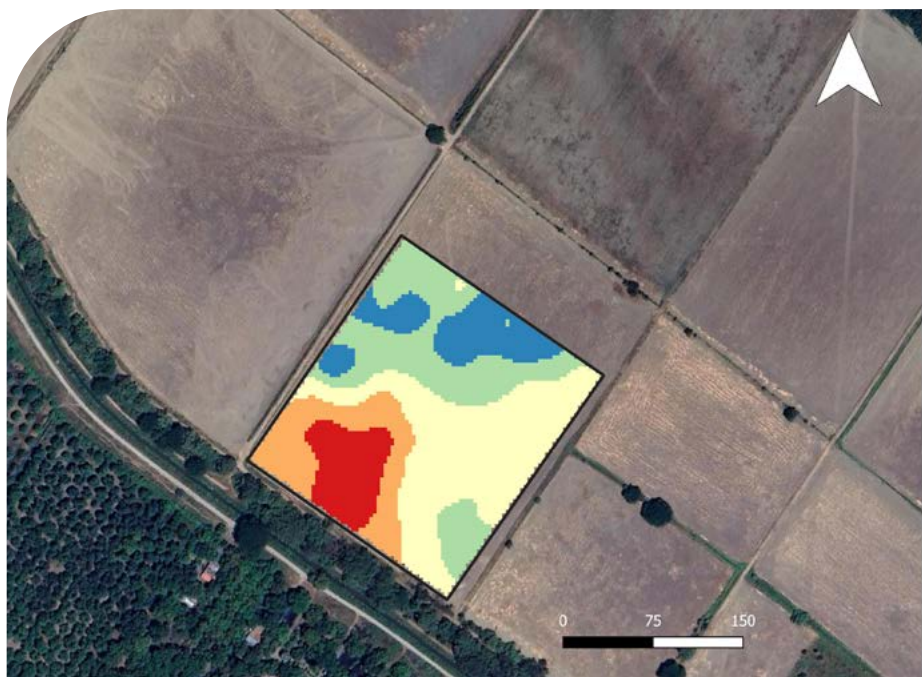
El trasplante mecanizado de arroz se adapta bien a esta variabilidad, ya que permite ajustar la profundidad y la densidad de las plántulas según las condiciones de cada microambiente. Por ejemplo, en zonas más secas se puede sembrar a mayor profundidad para favorecer el enraizamiento, mientras que en áreas más húmedas se recomienda una siembra más superficial para evitar el estrés hídrico. Además, esta técnica posibilita elegir el momento óptimo de siembra en función de la humedad del suelo.

Complementar estas prácticas con sistemas de riego por sitio específico, como el riego por múltiples entradas, que distribuye el agua únicamente hacia las áreas deficitarias, contribuye a evitar pérdidas por percolación o escorrentía. En conjunto, estas estrategias permiten aprovechar al máximo la variabilidad del lote, reducir pérdidas por exceso o déficit de agua y garantizar un establecimiento homogéneo y productivo del cultivo.

El sistema MIRI se describe en detalle en el [capítulo 3](#).

**Figura 12.** Variación de la humedad en el suelo en el lote productivo de arroz. Los colores corresponden a los diferentes contenidos de agua.

Fuente: Elaboración propia



## Preparación del campo para la aplicación del riego

La preparación técnica del suelo constituye la base para garantizar la eficiencia del riego por inundación y el éxito del trasplante mecanizado. En este proceso se recomienda integrar tecnologías y criterios agronómicos adaptados a las condiciones edafoclimáticas del Huila.

Antes del trasplante, los suelos se someten a una nivelación láser de alta precisión, mediante equipos con sistema Real Time Kinematic (RTK). Estos dispositivos operan con correcciones satelitales en tiempo real, alcanzando una precisión submétrica ( $\pm 2$  cm) que elimina desniveles críticos y homogeniza la topografía (figura 13).



**Figura 13.** Dispositivos que operan con correcciones satelitales en tiempo real. **a.** Equipo instalado en tractor con receptor; **b.** Sistema RTK que opera en diferentes frecuencias con corrección ionosférica en tiempo real y precisión submétrica ( $< 2$  cm).

Foto: John Edison Calderón Carvajal

La maquinaria especializada, guiada por GPS, traza caballones de 40 a 60 cm de altura con una base de 1,2 a 1,8 m, estructuras esenciales para contener la lámina de inundación. Estos bordes, compactados hasta alcanzar densidades cercanas a  $1,4 \text{ g/cm}^3$ , actúan como barreras físicas que minimizan las filtraciones laterales y optimizan la retención hídrica, especialmente en suelos franco-arcillosos.

En suelos de alta permeabilidad ( $\geq 25 \text{ mm/h}$ ), se recomienda construir caballones de aproximadamente 70 cm de altura y establecer sistemas de drenaje acelerado para evitar el encharcamiento prolongado y asegurar un manejo preciso del agua, incluso bajo condiciones de alta variabilidad climática.

La red hidráulica se complementa con bocanas regulables y compuertas, distribuidas estratégicamente en los canales principales. Estas estructuras permiten controlar el flujo de agua, reducir el tiempo de inundación por lote y garantizar una uniformidad de aplicación del riego cercana al 85 % (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 1977).

Este enfoque técnico no solo incrementa la eficiencia del riego, sino que también disminuye las pérdidas por percolación profunda y mejora la sostenibilidad del sistema productivo.

## **Diseño y construcción de piscinas**

**E**l diseño de las piscinas de riego debe equilibrar la operatividad mecanizada con una gestión eficiente del agua, adaptándose a las variaciones topográficas de la región. En zonas planas (pendiente  $< 2 \%$ ), predominan las melgas rectangulares orientadas en sentido norte-sur, una configuración que maximiza la exposición solar y facilita el tránsito de maquinaria, como los tractores (figura 14).

Cada unidad de riego abarca entre 0,25 y 0,5 ha, dimensiones que permiten equilibrar la eficiencia operativa de las trasplantadoras con una adecuada distribución del agua. En laderas con pendientes del 2 al 5 %, el sistema se adapta



**Figura 14.** Diseño de piscinas rectangulares en terreno con pendiente.

**a.** En etapa de establecimiento del cultivo de arroz; **b.** durante la fase de máximo desarrollo vegetativo.

Fotos: John Edison Calderón Carvajal

mediante curvas de nivel con diferencias de cota de 15 a 20 cm (figura 15). Estas estructuras, reforzadas con taludes en proporción 2:1 (horizontal:vertical), controlan la escorrentía y reducen la erosión entre 4,5 y 6 t/ha/año en comparación con los métodos tradicionales (Walie, 2024).

Asimismo, la incorporación de barreras vivas y geomembranas en suelos arenosos contribuye a mitigar la pérdida de nutrientes y mejorar la estabilidad estructural del suelo (Morgan, 2005).



**Figura 15.** Diseño y construcción de piscinas de siembra siguiendo curvas de nivel.

Foto: John Edisson Calderón Carvajal

## Aplicación del riego por inundación

### Inundación inicial postrasplante

**E**studios realizados por AGROSAVIA y Fedearroz demostraron que, tras el trasplante mecanizado, se establece una lámina de agua de 5 a 10 cm de profundidad durante los primeros 15 a 20 días. Esta etapa resulta decisiva, pues asegura el buen arraigo de las plántulas y permite alcanzar tasas de supervivencia superiores al 95 % cuando las condiciones son adecuadas:

1. **Estabilización térmica:** mantiene la temperatura de la rizosfera entre 25–28 °C, rango óptimo para el desarrollo radicular.
2. **Control de malezas termofílicas:** reduce la infestación inicial en un 30–40 % al limitar la emergencia de especies no adaptadas a ambientes anegados.
3. **Homogeneización del suelo:** favorece la compactación natural del sustrato, minimizando grietas que afectan la retención hídrica.

La aplicación del riego se realiza mediante sistemas de gravedad, con apertura regulada de compuertas en canales principales para asegurar cobertura uniforme en las melgas (figura 16). En áreas con pendientes < 0,5 %, el tiempo de avance del agua no debe exceder 8 horas para evitar estrés hídrico en plántulas.



**Figura 16.** Riego por inundación en el trasplante del arroz.

Foto: John Caderón

## Manejo del agua durante el ciclo vegetativo

Desde el establecimiento hasta la floración temprana, se mantiene una lámina permanente de 5–10 cm de profundidad. La renovación parcial del agua cada 7–10 días, mediante drenaje superficial, resulta fundamental para:

- **Prevenir la acumulación de sales:** las renovaciones periódicas reducen la conductividad eléctrica del suelo en aproximadamente 0,5 dS/m.
- **Favorecer la oxigenación radicular:** niveles de oxígeno disuelto superiores a 3 mg/L previenen la hipoxia en las raíces.

- **Optimizar el uso del agua:** sustituir entre el 20–30 % del volumen total permite ahorrar hasta 1.100 m<sup>3</sup>/ha por ciclo sin afectar los rendimientos.
- **Controlar la percolación en suelos franco-arcillosos (predominantes en Neiva y Campoalegre):** se recomienda mantenerla por debajo de 15 mm/día mediante nivelación láser y compactación controlada.

## Drenaje final y secado precosecha

**E**l cese del riego se programa entre 20 y 25 días después de alcanzado el 50 % de floración, lo cual coincide con la madurez fisiológica del 80 % de las panículas. A partir de este momento, se inicia un secado gradual del campo hasta reducir la humedad del suelo a menos del 30 % de la capacidad de campo durante los 10 a 12 días previos a la cosecha.

Este proceso cumple funciones clave:

- **Facilitar la operación mecanizada:** disminuye el peso de la maquinaria sobre el terreno y previene la compactación excesiva.
- **Optimiza la calidad del grano:** mantener una humedad entre 14 a 16 % en campo asegura la estabilidad del producto durante el almacenamiento. Indicadores como la coloración pajiza del tallo y la consistencia del grano permiten determinar el momento óptimo de recolección.

## Eficiencia hídrica y productividad del agua

**E**n Huila, la demanda hídrica total del cultivo de arroz varía entre 18.000 y 20.000 m<sup>3</sup>/ha, lo que equivale a una productividad del agua de 0,72 kg de arroz cáscara/m<sup>3</sup>, superior al promedio tropical (0,55–0,65 kg/m<sup>3</sup>). No obstante, las pérdidas por percolación (35–45 %) siguen representando un desafío, especialmente en suelos arenosos. La aplicación de barreras subsuperficiales y del AWD en las etapas vegetativas tempranas ha demostrado reducir dichas pérdidas entre 15 y 20 % en ensayos locales.

## Recomendaciones técnicas

A continuación, se presentan las principales recomendaciones técnicas para mejorar la eficiencia del manejo hídrico en arroz por trasplante mecanizado (figura 17):



**Figura 17.** Recomendaciones técnicas finales.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de vecteezy.com



3

---

**Transformando  
la inundación  
tradicional  
en riego de  
precisión**

**B**ienvenido al corazón de la eficiencia hídrica en el arroz por trasplante. En este tercer capítulo se presentan las técnicas que permiten transformar el tradicional riego por inundación en un sistema inteligente y rentable. Aquí encontrará no solo los fundamentos teóricos, sino también guías prácticas para implementar en campo soluciones que reducen significativamente el consumo de agua.

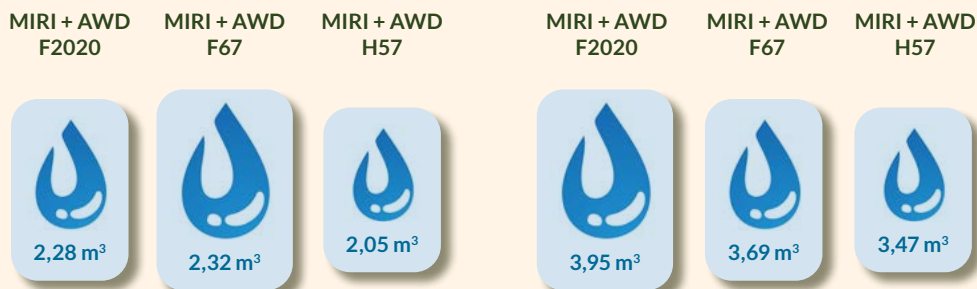
Se explican métodos como el riego por múltiples entradas (MIRI) y el alternado moje-secado (AWD), herramientas clave para optimizar la distribución espacial y temporal del agua, junto con recomendaciones para la instalación, operación y mantenimiento de cada componente.

Al finalizar este capítulo, habrá pasado de una gestión intuitiva a un enfoque técnico basado en datos y herramientas de precisión, capaz de reducir costos de producción, mejorar la uniformidad del riego y, en última instancia, incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo de arroz.

## **Riego por sitio específico como alternativa eficiente para optimizar el uso del agua**

**E**l riego por inundación convencional en el arroz por trasplante, aunque favorece altos rendimientos, requiere grandes volúmenes de agua (Suárez & Román, 2016). En contraste, las técnicas de riego por sitio específico, como el MIRI, combinadas con la programación del riego AWD, han demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia en el uso del agua sin comprometer —e incluso incrementando— los rendimientos netos (Martínez-Vega et al., 2025).

La [figura 18](#) compara la productividad hídrica (kg de grano cosechado por m<sup>3</sup> de agua aplicada) de tres genotipos de arroz bajo dos esquemas de riego: el convencional por inundación (CONV) y el sistema de múltiples entradas con AWD. Los resultados muestran que el AWD incrementa significativamente la productividad hídrica del arroz, independientemente del genotipo.



**Figura 18.** Productividad hídrica con MIRI+AWD y CONV para tres genotipos de arroz.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de vecteezy.com

Para los agricultores de Huila, la adopción del sistema AWD puede reducir hasta en un 50 % el volumen de agua aplicada respecto al riego convencional, lo cual mantiene o, incluso, aumenta los rendimientos del cultivo.

A continuación, se explica el procedimiento de instalación de campo de estos métodos alternativos:

## ¿Qué es el riego por múltiples entradas (MIRI)? “Rediseñando la distribución del agua”

**E**l MIRI consiste en distribuir el agua de riego dentro de la parcela desde varios puntos de entrada de manera simultánea, mediante compuertas ubicadas estratégicamente (Pineda-Suárez et al., 2019a). Esta técnica se basa en la división del campo en módulos independientes, cada uno con compuertas regulables y canales secundarios.

A diferencia del riego por inundación convencional —en el que el agua avanza lentamente desde un único extremo del lote—, el MIRI garantiza una cobertura más uniforme en menor tiempo, reduciendo las pérdidas por percolación profunda y la saturación desigual del suelo (Pineda-Suárez et al., 2019a).

Para su implementación, se utiliza una tubería de polietileno flexible dispuesta de forma perpendicular a los caballones y extendida transversalmente sobre el lote (figura 19). El flujo de agua se regula mediante las compuertas, lo que permite ajustar la entrada hídrica según las condiciones específicas del terreno y realizar tanto la inundación simultánea de toda la parcela como el riego selectivo de zonas con déficit (Vories et al., 2005).



**Figura 19.** MIRI con tubería de 8 pulgadas y compuertas regulables en campo. **a.** Vista detallada de la compuerta regulable controlando el flujo hacia las parcelas; **b.** Distribución del riego mediante la tubería en campo, mostrando la conducción y descarga del agua.

Fotos: John Edison Calderón Carvajal



## ¿Qué es el alternado moje y secado (AWD)? “La ciencia del equilibrio hídrico”

**E**l AWD es una estrategia de programación hídrica que intercala períodos de inundación controlada con etapas de secado parcial del suelo, fundamentada en mediciones precisas de humedad. Este método rompe con el paradigma del riego continuo por saturación, al permitir una mayor oxigenación radicular y reducir el riesgo de estrés por hipoxia.

La duración de cada fase de moje y secado depende de factores como el clima, el tipo de suelo y el estado de desarrollo del cultivo. En general, se distinguen tres modalidades de alternancia en el manejo de agua:

- AWD leve o seguro: el nivel del agua nunca baja más de 15 cm por debajo de la superficie del suelo.
- AWD moderado: el agua desciende hasta 25 cm bajo el suelo.
- AWD severo: el nivel de agua alcanza los 30 cm de profundidad.

Procedimiento operativo: para implementar la programación de riego AWD en sistemas de arroz por trasplante mecanizado en el Huila, se recomienda lo siguiente:

- Fases de mojado: aplicar láminas de 3–5 cm durante las etapas críticas del cultivo (por ejemplo, la diferenciación de panículas). El momento de riego debe determinarse mediante tensiómetros instalados a 15–20 cm de profundidad (umbral de 10–25 kPa, según el tipo de suelo) o, en su defecto, utilizando el método del tubo piezométrico.
- Fases de secado: permitir que el suelo seque hasta alcanzar entre 60 y 70 % de la capacidad de campo, de acuerdo con lecturas de tensiómetros o sondas capacitivas. En suelos arcillosos, este proceso puede tomar 5–7 días, mientras que en suelos arenosos dura 2–3 días.

El monitoreo del nivel de agua en el campo también puede realizarse mediante tubos de PVC perforados, una alternativa sencilla y económica (figura 20). Para su instalación, se recomienda:

1. Selección del sitio: elegir un punto representativo del lote de arroz.
2. Instalación: introducir un tubo de 7–15 cm de diámetro y 40 cm de largo, enterrándolo más de 20 cm de profundidad.
3. Perforaciones: realizar orificios en la sección enterrada del tubo, permitiendo la entrada y salida del agua del suelo.

**Figura 20.** Monitoreo del nivel del agua. **a.** Tubo perforado con medición manual mediante regla graduada; **b.** Tubo con tensiómetro al lado para calibración; **c.** Tubo equipado con sensor ultrasónico.

Fotos: John Edison Calderón Carvajal



La medición del nivel de agua puede realizarse manualmente introduciendo una regla graduada en el tubo. Sin embargo, es fundamental calibrar el sistema instalando un tensiómetro en el punto de lectura, lo que permite relacionar la humedad del suelo con la profundidad o altura del agua dentro del tubo.

De manera alternativa, esta medición puede automatizarse mediante un sensor ultrasónico conectado a un registrador de datos que realice lecturas periódicas garantizando un control del riego más preciso y eficiente (Pineda-Suárez, 2016).

La aplicación de estas prácticas permite un manejo racional del agua, ajustado a las necesidades del cultivo y a las condiciones del terreno. Con este método, es posible reducir el consumo hídrico hasta en un 35 % y, según las características del suelo, mantener o incluso aumentar el rendimiento en un 10 %.

## **¿Como integrar el MIRI con el AWD?** **“Maximizando eficiencias espacio-temporales”**

La combinación de los sistemas MIRI y AWD conforma un esquema de manejo hídrico en doble dimensión: mientras el MIRI optimiza la distribución espacial del agua, el AWD regula su aplicación temporal según las necesidades fenológicas del cultivo. Esta sinergia resulta especialmente efectiva en regiones como Huila, y en otras zonas del país con alta variabilidad en textura de suelos y pendientes, donde se requieren estrategias adaptativas de riego.

### **Pasos para la integración**

- Zonificación del campo: realizar un muestreo georreferenciado del suelo en diferentes puntos del lote para análisis físico, o emplear sensores de humedad y conductividad eléctrica que permitan identificar zonas con distintas propiedades hidrofísicas y mapear la variabilidad espacial del terreno.

- Implementación conjunta: nivelar y dividir los lotes en piscinas con melgas niveladas. Instalar el sistema MIRI en cada módulo y colocar compuertas regulables en los drenajes inferiores para facilitar los ciclos de AWD.
- Funcionamiento: durante el ciclo de moje, el agua ingresa simultáneamente por todas las compuertas del sistema MIRI, cubriendo el lote de manera uniforme y en menor tiempo. Una vez alcanzada la lámina deseada, se cierran las compuertas. Tras el período de inmersión, se abren las compuertas de drenaje para iniciar la fase de secado. El suelo se deja secar hasta el umbral de humedad predefinido, momento en el cual se repite el ciclo de riego por múltiples entradas.
- Calendario AWD adaptado: la [tabla 3](#) presenta una guía práctica para el manejo del riego alternado moje-secado en arroz por trasplante. En ella se indican, según los días después del trasplante (DDT), los períodos de aplicación y restricción del agua, junto con observaciones clave para optimizar el uso del recurso hídrico y maximizar el rendimiento del cultivo.

**Tabla 3.** Guía práctica para el manejo de riego alternado moje-secado en arroz por trasplante

| Fase del cultivo                   | DDT         | Aplicación de riego AWD                                                                                    | Observaciones clave                                                       |
|------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Vegetativa temprana                | 7 – 20 DDT  | <br>Aplicar AWD         | Iniciar ciclo de moje y secado cuando las raíces ya estén bien asentadas. |
| Macollamiento a antes de floración | 20 – 45 DDT | <br>Aplicar AWD         | Fase óptima para ahorro de agua y desarrollo de macollos.                 |
| Floración y llenado de grano       | 45 – 75 DDT | <br>Usar con precaución | Mejor mantener lámina constante o AWD leve para no estresar.              |
| Maduración                         | > 75 DDT    | <br>Aplicar AWD         | Promueve secado natural del grano y cosecha uniforme.                     |

Fuente: Elaboración propia

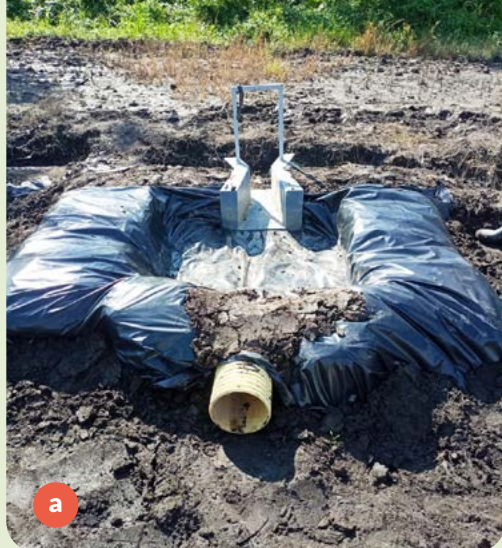
## ¿Cómo se instala en campo? “Del papel al campo”

**A**ntes de describir los pasos de instalación en campo, es fundamental comprender que trasladar un diseño de riego del plano a la parcela requiere adaptar la infraestructura a las condiciones reales del terreno. Esto implica identificar con precisión el punto de captación, seleccionar materiales adecuados según el caudal esperado y diseñar trazados lineales que faciliten el flujo del agua y minimicen posibles daños o pérdidas.

### 1. Instalación de la captación y de la manguera

A continuación, se explica de forma clara cómo ejecutar esta instalación.

- **Ubicación de la captación:** identifica el punto de entrada del agua en la cota más alta del lote. En ese lugar se instala la toma que desvía el flujo desde el canal principal hacia la manguera (figura 21).
- **Construcción de la toma:** utiliza sacos de fibra rellenos de tierra y colócalos junto a un tramo de tubo corrugado de PVC de aproximadamente 1 m de longitud. Esta estructura debe asegurar una conexión firme y precisa entre el canal y la manguera (figura 21).
- **Selección de diámetros:** determina el diámetro del tubo y de la manguera (8", 10" o 12") de acuerdo con el caudal disponible y el área a regar: 8" para áreas menores de 5 ha y 10"-12" para áreas medianas o grandes (más de 5 ha).
- **Tendido de la manguera:** extiende la manguera desde la captación siguiendo la línea de máxima cota o el eje central de las piscinas (figura 22). Evita trayectos con giros bruscos, enredos, piedras o ramas que puedan generar perforaciones o restringir el flujo.
- **Verificación final:** una vez instalada, realiza una prueba de presión y caudal para confirmar que no existan fugas y que el agua se distribuya uniformemente en toda la parcela (figura 23).



**Figura 21.** Diseño y construcción bocatoma principal para entrada de agua de riego a canaleta aforadora y manguera de riego MIRI. **a.** Estructura conectada a la canaleta aforadora para control del ingreso de agua; **b.** Proceso de construcción y sellado de la bocatoma con sacos y geomembrana previo a su conexión con la manguera.

Fotos: John Edison Calderón Carvajal



**Figura 22.** Tendido e instalación de manguera flexible para riego MIRI.

Foto: John Edison Calderón Carvajal

**Figura 23.** Manguera de riego MIRI con múltiples entradas y válvula de riego regulable.

Foto: John Edison Calderón Carvajal

## 2. Inserción de compuertas a lo largo de la manguera

Antes de insertar las compuertas (figura 24), asegúrate de que la manguera esté completamente llena de agua; esto facilita la inserción y evita perforar la pared opuesta.

- **Definir el trayecto:** determina con precisión el recorrido de la manguera en el lote.
- **Presurizar la manguera:** llénala completamente con agua para mantener su forma y evitar daños durante la instalación.
- **Marcar las posiciones:** señala los puntos de instalación de las compuertas cada 6 a 10 m, según el área a regar y la pendiente del terreno.
- **Preparar el insertor:** utiliza un insertor o perforador del diámetro correspondiente, limpio y en buen estado.
- **Instalar la compuerta:** con la manguera presurizada, coloca la compuerta sobre la marca, alinea el perforador con las guías internas y ejerce presión constante hasta que encaje firmemente (figura 25).
- **Verificar el ajuste:** comprueba que no haya fugas alrededor de la compuerta y realiza los ajustes necesarios para garantizar un sello hermético.
- **Operación:** abre o cierra cada compuerta según las necesidades de riego de cada sector, controlando así el caudal y la duración del encharcamiento.



**Figura 24.** Válvula regulable, manguera flexible e insertor para instalación en campo.

Foto: John Edison Calderón Carvajal



**Figura 25.** Proceso de armado e instalación de compuerta regulable con ayuda de insertor en manguera de riego MIRI. **a.** Ensamble inicial de la compuerta regulable con el insertor para perforación en la manguera; **b.** Alineación y cierre del sistema de acople entre compuerta e insertor; **c.** Compuerta regulable lista para instalación en campo; **d.** Instalación de la compuerta sobre la manguera de riego.

Fotos: John Edison Calderón Carvajal

## Recomendaciones prácticas

**A**ntes de presentar las recomendaciones prácticas, es importante recordar que una instalación adecuada del sistema de riego no solo previene averías y pérdidas de agua, sino que también optimiza la eficiencia y prolonga la vida útil de los componentes. A continuación, se describen los errores más frecuentes y sus soluciones:

- a. Protección contra residuos:** para evitar obstrucciones en las compuertas, impida la entrada de arena, tierra o restos vegetales a la manguera. Instale una trampa de malla o un filtro de rejilla en la toma de agua para retener

sólidos antes de que ingresen al sistema. Además, coloque la tubería de captación entre 20 y 30 cm por encima del fondo del estanque; así se reduce significativamente la entrada de sedimentos, que tienden a depositarse en el fondo.

**b. Cabeza hidráulica mínima:** asegúrese de mantener una presión de agua equivalente a una altura de columna de 40 a 50 cm en el punto de captación. Para lograrlo, considere la diferencia de cota entre la parte superior de la tubería y el nivel máximo del canal o estanque. Esta diferencia garantiza una presión suficiente para lograr una descarga uniforme en todas las compuertas. En ausencia de esta presión mínima, el caudal dentro de la manguera será irregular. Se recomienda construir un pozo de captación con sacos de fibra rellenos de tierra y recubrir la base con plástico resistente para evitar la erosión del terreno.

**c. Reparaciones rápidas:** las perforaciones o cortes en la manguera son inevitables. Para repararlas de inmediato, utilice secciones cortas de tubo rígido (PVC o polietileno) a modo de manguito y fíjelas con alambre o abrazaderas plásticas (figura 26).

**d. Derivaciones según el diseño del lote:** en terrenos de forma irregular, instale conectores en “T” o “Y” para crear ramales que distribuyan el agua a todas las zonas. Esto asegura una cobertura completa sin necesidad de modificar el trazado principal del sistema.

**Figura 26.** Reparación de manguera de riego flexible con secciones de tubo PVC corrugado del mismo diámetro.

Foto: John Edison Calderón Carvajal



# Referencias

- Agencia de Desarrollo Rural [ADR]. (2024, marzo 26). *Distritos de riego activos. Datos Abiertos Colombia*. ADR. [https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Distritos-de-Riego-activos/rtxu-twjm/about\\_data](https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Distritos-de-Riego-activos/rtxu-twjm/about_data)
- Alegría-Ríos, M. (2015). *Implementación de tecnología y reducción de costos en la producción agrícola de arroz* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. pihua Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11042/2281>
- Chaudhary, R. C., Nanda, J. S., & Tran, D. V. (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. Comisión Internacional del Arroz / FAO, Roma. <https://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s00.htm#Contents>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) & Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz). (2024). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM)*. Convenio DANE-Fedearroz, Bogotá, Colombia. <https://www.dane.gov.co/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-arroz-mecanizado>
- Díaz, J. (2017). *Riego por gravedad* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad del Valle. <https://programaeditorial.univalle.edu.co/gpd-riego-por-gravedad-9789586705394-633247cccafd6.html>
- Dos Santos, A. B., Heinemann, A. B., da Silva, M. A. S., Stone, L. F., Pimenta, L. B., & Santos, D. (2021). Manejo da irrigação na cultura do arroz irrigado e na eficiência do uso da água em várzeas tropicais. *Agri-Environmental Sciences*, 7(2), 13-13.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1977). *Control structures for irrigation systems* [Irrigation and Drainage Paper No. 26-1]. FAO.

- Gobernación del Huila, & Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2022). *Plan departamental de riego del Huila*. Gobernación del Huila. <https://www.huila.gov.co/documentos/1727/plan-departamental-de-riegos/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. IDEAM.
- Lanna, A. C., Coelho, G. R. C., Moreira, A. S., Terra, T. G. R., Brondani, C., Saraiva, G. R., Lemos, F. da S., Guimarães, P. H. R., Morais Júnior, O. P., & Vianello, R. P. (2021). Upland rice: phenotypic diversity for drought tolerance. *Scientia Agricola*, 78(5), e20190338. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0338>
- Li, X., Zhong, Q., Li, Y., Li, G., Ding, Y., Wang, S., Liu, Z., Tang, S., Ding, C., & Chen, L. (2016). Triacantanol reduces transplanting shock in machine-transplanted rice by improving the growth and antioxidant systems. *Frontiers in plant science*, 7, 872. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00872>
- Martínez-Vega, R. R., Ouazaa, S., De Swaef, T., Chaali, N., Garré, S., Jaramillo-Barrios, C. I., & Moreno Fonseca, L. P. (2025). Exploring non-conventional irrigation methods and drone-based monitoring to enhance water use efficiency: a case of rice cultivation in Colombia. *Irrigation Science*. <https://doi.org/10.1007/s00271-025-01025-w>
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. En J. Azcón-Bieto & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de fisiología vegetal* (2.ª ed., pp. 537-558). McGraw-Hill Interamericana de España / Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Moreira, D. (2018). *Guía para el establecimiento y monitoreo del cultivo de arroz bajo la metodología del sri*. Fontagro.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing.
- Parra-Peña S., R. I., Flórez G., S., & Rodríguez, D. (2022). *La competitividad de la cadena del arroz en Colombia: Un compromiso con el bienestar del agricultor*. Asociación Nacional de Industriales (andí) y Fedesarrollo.
- Pineda, D. (2016). Nuevas metodologías permitirán cultivar arroz con menos agua. *Revista Arroz*, 64, 18-24.

- Pineda-Suárez, D. F., Castilla-Lozano, L. A., Sáenz-Moncaleano, J. A., & Saavedra-Barrero, W. A. (2019). *Diseño e implementación del sistema de riego en arroz por múltiples entradas en Colombia "MIRI" (Multiple Inlet Rice Irrigation)* (p. 30) [Cartilla técnica]. Fedearroz.
- Qin, N., Lu, Q., Fu, G., Wang, J., Fei, K., & Gao, L. (2023). Assessing the drought impact on sugarcane yield based on crop water requirements and standardized precipitation evapotranspiration index. *Agricultural Water Management*, 275, 108037. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108037>
- Ruiz-Sánchez, M., Muñoz-Hernández, Y., & Polón-Pérez, R. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos tropicales*, 37(3), 178-186. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2649.8800>
- Suárez, D. F. P., & Román, R. M. S. (2016). Consumo de água em arroz irrigado por inundaç o em sistema de multiplas entradas. *Irriga*, 1(1), 78. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p78-95>
- Torres-Rivera, D. A., & Córdoba-Cantero, R. (2022). Capacidad de resiliencia de pequeños productores de arroz en Colombia y sus implicaciones para la Soberanía Alimentaria en el contexto pandémico. *Redes. Revista do Desenvolvimento Regional*, 27, 1-24. <https://doi.org/10.17058/redes.v27i1.17946>
- Universidad Nacional de Colombia. (2022, 14 de febrero). ¿Cuánta agua necesitarían los cultivos de arroz en Colombia? un Periódico Digital. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/cuanta-agua-necesitarian-los-cultivos-de-arroz-en-colombia>
- Vories, E. D., Tacker, P. L., Hogan, R. O. B. E. R. T. (2005). Multiple inlet approach to reduce water requirements for rice production. *Applied Engineering in Agriculture*, 2005,21(4), 611-616. <http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/36221500/cswq-0215-174368.pdf>
- Walie, Y. (2024). Importance of agronomical and biological soil water conservation measures to enhance soil fertility and reducing soil erosion: Review. *Journal of Agricultural Science and Food Research / Longdom Publishing*. 10.35248/2593-9173.24.15.175

# Autoría

## Sofiane Ouazaa

Correo: [souazaa@agrosavia.co](mailto:souazaa@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2837-4931>

## Nesrine Chaali

Correo: [nchaali@agrosavia.co](mailto:nchaali@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7007-7079>

## Camilo Ignacio Jaramillo-Barrios

Correo: [cijaramillo@agrosavia.co](mailto:cijaramillo@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8302-2736>

## John Edinson Calderón-Carvajal

Correo: [jecalderon@agrosavia.co](mailto:jecalderon@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2702-7978>

## Darío Fernando Pineda Suárez

Correo: [dariopineda@fedearroz.com.co](mailto:dariopineda@fedearroz.com.co)

## Alefsi David Sánchez-Reinoso

Correo: [adsanchez@agrosavia.co](mailto:adsanchez@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8769-3011>



Esta cartilla reúne las principales soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia del uso del agua en el cultivo de arroz por trasplante en el departamento del Huila. Integra prácticas validadas en campo que permiten a productores y asistentes técnicos optimizar el manejo hídrico mediante sistemas como el riego por múltiples entradas (MIRI) y el alternado moje-secado (AWD), así como herramientas para la nivelación de precisión, la programación del riego y la adaptación a la variabilidad climática. El documento describe estrategias ecoeficientes que fortalecen el establecimiento del cultivo, reducen pérdidas por escorrentía y percolación y mejoran la uniformidad del riego en las distintas etapas del desarrollo del arroz. Estas recomendaciones fueron desarrolladas en el marco del proyecto ejecutado por AGROSAVIA, con el apoyo de Fedearroz, el SENA y la Universidad Surcolombiana, y financiado por el Sistema General de Regalías del Huila. La cartilla ofrece conocimientos prácticos y accesibles para avanzar hacia un manejo sostenible y rentable del agua en sistemas de trasplante mecanizado.

**AGROSAVIA**  
EDITORIAL

ISBN: 978-958-740-814-0



**Distribución gratuita**  
**Prohibida su venta**