

# **MÁS ARROZ CON MENOS EMISIONES Y MENOR CONSUMO DE AGUA**

## **Producto 2. Demostrativo de la Tecnología AWD**

Elizabeth Heros; Juan Díaz; Gabriel Donoso; Viviana Becerra;  
Gabriel Garcés Varón; Nelson F. Amézquita V; Myriam P. Guzmán  
**2022**



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Elizabeth Heros, Gabriel Garcés, Nelson Amézquita, Gabriel Donoso, Viviana Becerra, Myriam Patricia Guzmán.

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**


Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>Resumen</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>Antecedentes</b>	9
<b>Objetivos</b>	11
<b>1. Objetivo General del proyecto:</b>	11
2. Objetivos Específicos	11
<b>3. Objetivo Específico del Producto:</b>	11
<b>DEMOSTRATIVOS DE LA TECNOLOGÍA POR LOCALIDAD</b>	12
1. Metodología del presente documento:	12
<b>DEMOSTRATIVOS REALIZADOS EN CHILE</b>	13
1. Introducción	13
2. Metodología	13
3. Resultados	20
4. Discusión	24
<b>DEMOSTRATIVOS REALIZADOS EN PERÚ</b>	¡Error! Marcador no definido.
1. Introducción	31
2. Metodología	31
3. Resultados	35
4. Discusión	46
<b>DEMOSTRATIVOS REALIZADOS EN COLOMBIA</b>	47



1. Introducción	48
2. Metodología	48
3. Resultados	53
4. Discusión	59
<b>Conclusiones</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>Recomendaciones</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>Referencias Bibliográficas</b>	64
<b>Instituciones participantes</b>	66

# Índice de Gráficas

Figura 1. Sistema de medición de altura de la lámina de agua (Rice Checker). .....	16
Figura 2. Parcela demostrativa Demostrativo 1,, previo a la cosecha.....	17
Figura 3. Cosecha en parcela demostrativa 2 .....	17
Figura 4. Cosecha en parcela demostrativa 3 .....	18
Figura 5. Parcela demostrativa 4 previo a la cosecha. ....	18
Figura 6. Diferentes alturas de la lámina de agua determinadas por un piezómetro.....	26
Figura 7. Riego con la metodología AWD. En color azul se representa el nivel de la lámina de agua y en color café el suelo. IP, corresponde a la etapa de inicio de panícula. La metodología AWD se realiza entre la etapa de plántula y macolla. ....	27
Figura 8. Agricultor Moisés Bustamante y Asistente de Investigación Luis Ramos en la parcela demostrativa vs parcela con manejo tradicional .....	37
Figura 9. Agricultor Moisés Bustamante y Asistente de Investigación Luis Ramos en la parcela demostrativa vs parcela con manejo tradicional .....	37
Figura 10. Parcela demostrativa en fase de maduración .....	38
Figura 11. Parcela demostrativa con periodo de inundación (lado izq) versus secado (lado der) .....	38
Figura 12. Parcela demostrativa con periodo de inundación (lado izq) versus secado (lado der) .....	38
Figura 13. Agricultor Omar Muro Cajo junto con el asistente de investigación en parcela demostrativa. Piezometro en la parcela demostrativa para controlar reponer el riego según el tratamiento .....	40
Figura 14. Agricultor Omar Muro Cajo junto con el asistente de investigación en parcela demostrativa. Piezometro en la parcela demostrativa para controlar reponer el riego según el tratamiento .....	40
Figura 15. Parcela demostrativa con periodo de secado (lado izq) versus inundación (lado der) .....	41
Figura 16. Agricultor Omar Muro Cajo .....	41
Figura 17. Vistas de la parcela demostrativas en fase reproductiva .....	43
Figura 18. Vistas de la parcela demostrativas en fase reproductiva .....	43
Figura 19. Vistas de la parcela demostrativas en fase de maduración .....	43
Figura 20. Uso de MIRI para riego. Ensayo demostrativo del proyecto Fontagro. ....	51
Figura 21. Ensayo demostrativo del proyecto Fontagro.....	51
Figura 22. Ensayo demostrativo del proyecto Fontagro.....	52



# Índice de Gráficas

Gráfica 1. Uso de agua en las parcelas demostrativas. ....	20
Gráfica 2. Rendimiento en grano en las parcelas demostrativas. ....	21
Gráfica 3. Determinación del índice de cosecha en las parcelas demostrativas. ....	22
Gráfica 4. Determinación de la altura de la planta de las parcelas demostrativas.....	22
Gráfica 5. Determinación del grano entero en las parcelas demostrativas.....	23
Gráfica 6. Consumo de agua en el cultivo del arroz bajo dos tratamientos de riego. ....	54
Gráfica 7. Rendimiento de grano del cultivo del arroz bajo dos tratamientos de riego. ....	56



# Índice de Tablas

Tabla 1. Resultado de análisis estadístico para el rendimiento en grano.....	21
Tabla 2. Resultado de análisis estadístico para el grano entero. ....	23
Tabla 3. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero entre temporadas 2021 y 2022.....	24
Tabla 4. Resumen de variables evaluadas en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero. Moisés Bustamante. Año 2021.....	36
Tabla 5. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero. Moisés Bustamante. Año 2021 .....	36
Tabla 6. Resumen de variables evaluadas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero Omar Muro Cajo. Año 2021.....	39
Tabla 7. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de tecnología AWD en campos de productor arrocero Omar Muro Cajo Año 2021 .....	39
Tabla 8. Resumen de variables evaluadas en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero Saturnicio Mendoza. Año 2021. ....	42
Tabla 9. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero Saturnicio Mendoza. Año 2021. ....	42
Tabla 10. Evaluación de altura de planta en los tratamientos inundado y AWD parcela 1 .....	44
Tabla 11. Evaluación de altura de planta en los tratamientos inundado y AWD parcela 2.....	45
Tabla 12. Evaluación de altura de planta en los tratamientos inundado y AWD Parcela 3.....	45
Tabla 13. Número de macollas y panículas de plantas de arroz sometidas a dos tratamientos.55	
Tabla 14. Número de espiguillas totales y llenas por panícula, vaneamiento de espiguillas y peso de 1000 granos de panículas de arroz sometido a dos tratamientos de riego. Saldaña, 2021 B.....	56
Tabla 15. Calidad molinera de plantas de arroz sometidas a dos tratamientos de riego. Saldaña, 2021 B.....	57
Tabla 16. Costos de producción en lotes demostrativos del proyecto.....	59



## Resumen

El cambio climático a nivel mundial motiva que en la región se asuman los grandes retos del siglo XXI y aborde la problemática de la crisis del agua y la contaminación ambiental. El uso ineficiente del recurso hídrico, así como el requerimiento de reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como metano y óxido nitroso, hacen necesario explorar e implementar nuevas alternativas tecnológicas en la producción de arroz. Durante el período 2018-2020 fueron desarrollados los ensayos de investigación del proyecto en los tres países, Colombia, Perú y Chile, con el fin de evaluar el efecto de dos tratamientos del sistema AWD (Alternate wetting and drying) sobre el consumo de agua, la productividad del cultivo del arroz y la emisión de los GEI metano y óxido nitroso,, comparado con el riego convencional bajo inundación. Allí se evaluaron dos tratamientos, el AWD1 que consistió en reponer el agua de riego cuando la lámina de agua alcanzara 5 cm de profundidad en el perfil de suelo, mientras que el AWD 2 representaba una profundidad de 10 cm. A partir de los resultados de estas evaluaciones bajo condiciones controladas, el siguiente paso fue la realización de validaciones de la tecnología en lotes o parcelas de agricultores tomando como base el tratamiento AWD1 (reposición del agua cuando se encuentra a 5 cm de profundidad en el perfil de suelo) el cual se mostró como el tratamiento más viable para ser implementado por parte de los productores de arroz.

De acuerdo con lo anterior, en las tres localidades se llevaron a cabo demostrativos de la tecnología obteniendo resultados favorables en cuanto a disminución en el consumo de agua y mantenimiento en el rendimiento del cultivo. Validando de esta manera localmente las ventajas de la tecnología AWD aplicada en el cultivo de arroz por medio de la implementación de la tecnología en lotes comerciales de arroz de pequeños agricultores de las tres localidades evaluadas.

**Palabras Clave:**

Agua, Arroz, Riego, Validación, AWD1






## Antecedentes

El arroz es uno de los cultivos más importantes de América Latina. Es un alimento básico para la mayoría de la población de esta región del mundo, con un incremento significativo del consumo per cápita en los últimos años (GRiSP, 2013).

Los pequeños agricultores (<10 ha) en Colombia, Chile y Perú, cuyos medios de subsistencia se basan en la producción de arroz, enfrentan una variedad de desafíos; uno de los más apremiantes es el aumento de la variabilidad climática y la consecuente disminución en la disponibilidad de agua durante ciertas etapas del cultivo del arroz. Estimaciones realizadas refieren que para Colombia se emplean 16 000 m<sup>3</sup> de agua por hectárea para mantener el cultivo en sus diferentes etapas. En Chile y Perú, no se tiene una estimación precisa del uso del agua, pero se indica que el cultivo utiliza un rango de 14 000 – 18 000 m<sup>3</sup> y 12 000 - 17 500 m<sup>3</sup>, respectivamente. Por otra parte, la práctica convencional de inundación continua durante el cultivo podría dar lugar a sistemas de arroz que tienen consecuencias ambientales negativas significativas, relacionadas con el aumento de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>). En consecuencia, el potencial de calentamiento global (GWP) asociado a los sistemas de producción de arroz inundado es mayor que el de otros cultivos de cereales. Específicamente, el cultivo de arroz es responsable de 2027, 1880 y 104 Gg de CO<sub>2</sub>eq en Colombia, Perú y Chile, respectivamente (FAOSTAT, 2016).

Se ha encontrado que la práctica de manejo del riego que incluye períodos alternados de inundación y secado durante las fases de crecimiento no crítico del arroz (denominado internacionalmente como AWD por sus siglas en inglés “Alternate Wetting and Drying”), aumenta la eficiencia en el uso del agua (disminución del uso de agua por 23%) y a la vez reduce las emisiones de metano (60-87%) sin afectar rendimientos (Bouman and Tuong, 2001; LaHue *et al*, 2016; Carrijo *et al.*, 2017). Esta práctica de riego inteligente de alternancia de suelo inundado y secado permite una mayor resiliencia de los productores familiares a las variaciones climáticas y aunque ha sido ampliamente evaluada en Asia, son escasas las investigaciones robustas en buena parte de América Latina las cuales se concentran principalmente en Brasil (Moterle *et al*, 2013; Zschornack *et al*, 2016). Varios científicos han estimado que, para el año 2025, de 15 a 20 millones de hectáreas de los ecosistemas de riego tendrían problemas por diferentes niveles de escasez de agua (IRRI, 2013).

Como sucede con la mayoría de las prácticas de manejo, el desempeño de AWD puede ser altamente específico a las condiciones ambientales donde se implementa (dependiendo de factores edáficos y climáticos, entre otros). El cambio en el manejo del riego es una práctica de difícil adopción por los productores, debido a que es un factor decisivo para lograr buenos



rendimientos. Por lo tanto, es necesario evaluar y adaptar el método a las condiciones específicas de cultivo en cada país, demostrando su factibilidad sin afectar la producción final, antes de su implementación en escala productiva comercial.

El objetivo del proyecto es validar localmente los beneficios de una producción eficiente, competitiva y con un menor impacto ambiental bajo la implementación de AWD moderado e intensivo en cultivos de arroz en fincas de productores en Colombia, Perú y Chile.

El AWD representa una práctica innovadora de gestión del agua que puede contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático en las fincas familiares de arroz y a la vez apoyar una intensificación sostenible de la gestión del agua expresada en kg de arroz producidos por metro cúbico utilizado. Una reducción de los costos de producción y un ahorro en el consumo de agua podría incrementar la competitividad de los sistemas de producción de arroz e incrementar el área de riego resultando en un mayor ingreso para los agricultores familiares. La capacidad de producir arroz con menos agua aumenta la resiliencia de la producción de arroz bajo condiciones climáticas más secas y/o más variables, en consecuencia, aumenta su sostenibilidad. Por lo tanto, nuestro proyecto está perfectamente alineado con la misión de FONTAGRO, abarcando temas como adaptación y mitigación, impacto socioeconómico, impacto productivo, gestión de agua y suelos.



# Objetivos

## 1. Objetivo General del proyecto:

Validar localmente los beneficios de una producción eficiente, competitiva y con un menor impacto ambiental bajo la implementación de la tecnología AWD (Alternate Wetting and Drying, en dos niveles moderado e intensivo, en cultivos de arroz en fincas de pequeños productores en Colombia, Perú y Chile.

## 2. Objetivos Específicos

- a. Evaluar la eficiencia del recurso hídrico rendimiento y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con diferentes estrategias de manejo de agua.
- b. Cuantificar la relación costo beneficio de diferentes tratamientos de manejo del recurso hídrico de manejo del recurso hídrico.
- c. Modelar las emisiones de gases de diferentes tratamientos evaluados en diferentes escenarios de clima y condición del suelo.
- d. Realizar actividades de extensión sobre las recomendaciones surgidas del proyecto, dirigidas a los productores familiares de arroz.

## 3. Objetivo Específico del Producto:

Realizar la validación a escala de campo en al menos tres agricultores innovadores de cada país para confirmar la validez de la propuesta de manejo de riego y proveer una plataforma para la extensión y comunicación a otros agricultores.



# DEMOSTRATIVOS DE LA TECNOLOGÍA POR LOCALIDAD

## 1. Metodología del presente documento:

Los demostrativos llevados a cabo en cada localidad (Chile, Perú y Colombia) fueron realizados en el segundo y tercer año del proyecto, allí se realizó una asesoría al agricultor para la implementación de la tecnología AWD en el tratamiento seleccionado una vez se realizaron en el primer año los ensayos biofísicos en lotes experimentales.

De acuerdo a los resultados de ahorro en consumo de agua, rendimiento y reducción de emisión de GEI (metano y óxido nitroso) se empleó AWD en su nivel 1 el cual es el tratamiento en donde se repone el agua de riego en el momento en que la lámina de agua alcanza 5 cm de profundidad en el perfil de suelo.

En la descripción realizada en los resultados que se muestran a continuación se indica la identidad del agricultor con el cual se realizó el demostrativo, el manejo agronómico que se le dió al lote, la localización del mismo y demás aspectos técnicos de interés para el desarrollo del cultivo. Se expone cómo se llevó a cabo la toma de datos teniendo en cuenta las variables a evaluar.

Posteriormente se describen los resultados de las variables de evaluación que fueron, reducción del consumo de agua, rendimiento, costos y calidad del grano, así como las variables asociadas a componentes de rendimiento evaluadas en los demostrativos de cada país.

Finalmente se precisan las conclusiones que se lograron establecer a lo largo del desarrollo tanto de la etapa de evaluación en lotes experimentales como la posterior evaluación y validación en estos lotes de agricultores de cada localidad, igualmente las recomendaciones generadas por los investigadores quienes después de hacer un análisis técnico-económico generado a partir de los resultados de los cuatro objetivos del proyecto, refiere en este apartado cuáles son las perspectivas del uso de la tecnología de acuerdo a las condiciones de cada país.

# DEMOSTRATIVOS REALIZADOS EN CHILE

## 1. Introducción

En Chile, las parcelas demostrativas fueron realizadas en la región de Maule, provincia de Linares, ciudad de Parral, fueron manejadas utilizando la metodología AWD1 (-5 cm) hasta etapa reproductiva, con el sistema de siembra directa. Esto debido a que esta metodología fue la que presentó el mejor desempeño respecto al menor uso de agua, menor emisión de gases de efecto invernadero y rendimiento en grano, en las parcelas experimentales, previamente realizadas. Se realizaron los demostrativos en las campañas del 2020 y del 2021 respectivamente. A continuación se describe la metodología, resultados y discusión de las parcelas evaluadas en esta localidad.

## 2. Metodología

### 2.1 Descripción de los manejos realizados en los lotes y su ubicación

#### *Parcela Demostrativa 1 (2020-2021)*


*Agricultor 1:* Juan Carlos Norambuena.

*Ubicación geográfica de la parcela:* Latitud -36.178592°, Longitud -71.849771°.

#### *Preparación y labores agronómicas:*

La preparación de suelo se realizó utilizando una rastra offset y posteriormente rotovator previo a la siembra. Como herbicida preemergente se utilizó Clomazone (0.5 L/ha). Como herbicida postemergente se utilizó Loyant (1.2 L/ha). El sistema de siembra fue la siembra directa. La variedad de arroz utilizada fue Zafiro-INIA. La dosis de semilla fue de 150 kg/ha y la fertilización a siembra fue con 250 kg/ha de mezcla de fertilizante NPK (15-11-21). Para la fertilización a inicio de macolla se utilizó 100 kg Urea por ha y en la fertilización a inicio de panícula se utilizó 140 kg Urea por ha.

Para el riego se utilizó agua proveniente del canal fiscal del embalse Digua y se contó con medición de nivel de agua. La superficie total fue de 19 ha con una superficie de 2 ha, para establecer la



metodología AWD. La fecha de siembra fue el 21 de octubre de 2020.

*Parcela Demostrativa 2 (2020-2021)*

*Agricultor 2:* Ramon Henríquez Salvo.

*Ubicación geográfica de la parcela:* Latitud -36.151804°, Longitud -72.019062°.

*Preparación y labores agronómicas:*

No se realizó preparación de suelo y se utilizó glifosato para eliminar la maleza presente previo a la siembra. El herbicida preemergente fue Clomazone (0.8 L/ha). El herbicida postemergente fue Loyant (1.2 L/ha) más MCPA (0,3 L/ha). Además, se realizó una segunda aplicación de herbicida con Clincher (2.0 L/ha). El sistema de siembra fue siembra directa con sembradora de cero labranzas. La variedad fue Zafiro-INIA y la dosis de semilla fue de 150 kg/ha. La fertilización a siembra fue con 200 kg/ha de mezcla de fertilizante NPK (09-10-21). Para la fertilización a inicio de macolla se utilizó 120 kg Urea por ha y en la fertilización a inicio de panícula se utilizó 120 kg Urea por ha.

Para el riego se utilizó agua proveniente de pozo profundo con medición de caudal. La superficie total fue de 47 ha con una superficie de 1 ha, para la implementación de la metodología de riego AWD. La fecha de siembra fue el 12 de octubre de 2020.


*Parcela Demostrativa 3 (2020-2021)*

*Agricultor 3:* Luis López Friz.

*Ubicación geográfica de la parcela:* Latitud -36.07634°, Longitud -71.99353°.

*Preparación y labores agronómicas:*

Se realizó una preparación de suelo, con uso de glifosato para eliminar la maleza presente previo a la siembra. Posteriormente se utilizó un herbicida postemergente: Loyant (1,2 L/ha) y se realizó una segunda aplicación con Clincher 2.0 L ha. El sistema de siembra fue siembra directa y la variedad utilizada fue Zafiro-INIA. La dosis de semilla fue de 160 kg /ha.



La fertilización a siembra fue con 300 kg/ha de mezcla de fertilizante NPK (10-10-21). Para la fertilización a inicio de macolla se utilizó 130 kg Urea por ha y en la fertilización a inicio de panícula se utilizó 110 kg Urea por ha.

El riego se realizó utilizando agua proveniente de canal fiscal del embalse Digua, con medición de nivel de agua más agua proveniente de un pozo profundo. La superficie total utilizada fue de 11 ha, más una superficie de 2 ha para la implementación de la metodología de riego AWD. La fecha de siembra fue el 27 de octubre de 2020.

#### *Parcela Demostrativa 4 (2021-2022)*

*Agricultor 4:* Juan Carlos Norambuena.

En este predio repitió la experiencia de la temporada 2020-2021, con el fin de contar con dos años en el mismo predio.

Ubicación geográfica de la parcela: Latitud -36.178592°, Longitud -71.849771°.

#### *Preparación y labores agronómicas:*

La preparación de suelo se realizó utilizando una Rastra offset y posteriormente rotovator previo a la siembra. Se aplicó el herbicida preemergente: Clomazone (0.5 L/ha) y los herbicidas post emergente: Loyant (1.2 L/ha) más Garlon 0,5 L/ha. El sistema de siembra fue siembra directa y la variedad utilizada fue Zafiro-INIA y la dosis de semilla fue de 150 kg/ha. La fertilización a siembra fue con 300 kg/ha de mezcla de fertilizante NPK (10-10-21). Para la fertilización a inicio de macolla se utilizó 130 kg Urea por ha y en la fertilización a inicio de panícula se utilizó 110 kg Urea por ha.

Para el riego se utilizó agua proveniente del canal fiscal del embalse Digua, con medición de nivel de agua. La superficie total de la parcela fue de 26 ha con una superficie de 1 ha, para implementar la metodología AWD. La fecha de siembra fue el 15 de octubre de 2021.

## 2.2 Determinación del consumo de agua

Para una correcta medición de la altura de la lámina de agua se utilizaron piezómetros con un sistema de flotación (Figura 1). Además, se instalaron sensores de nivel HOBO U30 para verificar los riegos y dejar un registro de los cambios en los niveles de agua en el predio.

Se consideraron tres sectores dentro de cada parcela para el sistema de riego AWD1 y el resto del campo se consideró como testigo, el cual fue manejado de manera convencional según el sistema de riego utilizado en siembra directa en Chile.

Para la cosecha se esperó una humedad de grano entre 15 y 19% (Figuras 2-5) y se muestreo con un marco de 1 m<sup>2</sup>.



*Figura 1. Sistema de medición de altura de la lámina de agua (Rice Checker).*





*Figura 2. Parcela demostrativa Demostrativo 1,, previo a la cosecha.*



*Figura 3. Cosecha en parcela demostrativa 2*



*Figura 4. Cosecha en parcela demostrativa 3*



*Figura 5. Parcela demostrativa 4 previo a la cosecha.*

### 2.3 Determinación del rendimiento de grano

El rendimiento en grano se determinó muestreando las panículas de arroz presentes en una superficie de 1 m<sup>2</sup> de cada parcela con arroz en la etapa de madurez con una humedad promedio entre 15-17%. Las panículas fueron trilladas utilizando una máquina estacionaria ALMACO (LPR).

Posteriormente, el grano se limpió de restos de tejido vegetal, entre otras impurezas, utilizando una máquina aventadora de cereales estacionaria ALMACO (SVPT). La totalidad de la muestra de grano de arroz cosechado y limpio fue pesada mediante una balanza electrónica Pesamatic (Super-SS). La humedad del grano se evaluó mediante un medidor de humedad de marca MT-PRO (AgraTronixTM). Para ello, se utilizó una muestra de 50 g de arroz cosechado y limpio por cada parcela, y la medición se llevó a cabo mediante la programación disponible en el dispositivo electrónico para arroz largo y ancho. El rendimiento en grano se determinó mediante el valor del peso corregido para una humedad de 15% según lo determinado por la norma chilena (NCh534).

### 2.4 Determinación del índice de cosecha

Se realizó el cálculo de índice de cosecha en una hilera de 1 m lineal. Todas las plantas se separan en partes vegetativas (macollos, hojas y tallos) y partes reproductivas (panículas). Las partes de la planta se secaron al horno a 65°C durante 3 días y se registraron los pesos secos. Después del secado, las panículas se trillaron y se registraron los pesos de los granos. El índice de cosecha se calculó como una relación entre el peso del grano y el peso seco total de las plantas, considerando la parte aérea.

### 2.5 Determinación de altura de planta

La altura de la planta se determinó midiendo hileras de 1 m lineal desde la base del tallo hasta la panícula utilizando una regla. Esta medición se realizó previo a la cosecha de la planta.

### 2.6 Calidad del grano

Se determinó el rendimiento industrial el cuál se mide evaluando la cantidad de granos enteros y partidos, que se obtienen posterior a la elaboración del grano, con índice de blancura de 39 IB  $\pm$  1. Los resultados de este análisis se expresan como porcentaje de granos arroz enteros y partidos, respecto al arroz con cáscara.

### 2.7 Determinación de costos de producción y consumo de agua

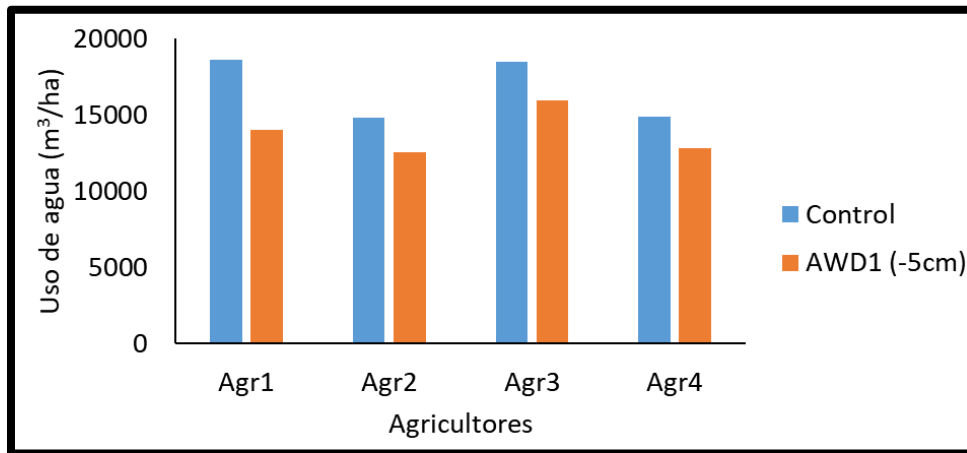
Los costos de producción se evaluaron siguiendo la encuesta realizada a cada agricultor en donde se determinó el costo por hectárea de la mano de obra, maquinaria, insumos y costos financieros cuando correspondía.

Por otro lado, el consumo de agua fue evaluado mediante la medición de caudal utilizando un aforador Parshall y/o medidores de caudal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. La evaluación consideró la cantidad de agua utilizada desde el inicio de los riegos hasta la cosecha.

### 3. Resultados

#### 3.1 Consumo de agua

En el caso del uso de agua se observó una disminución de entre 13 a un 25% menos de agua en los tratamientos AWD1 (Gráfica 1). La mayor disminución fue observada en la parcela 1 con un 25% menos de agua utilizada.



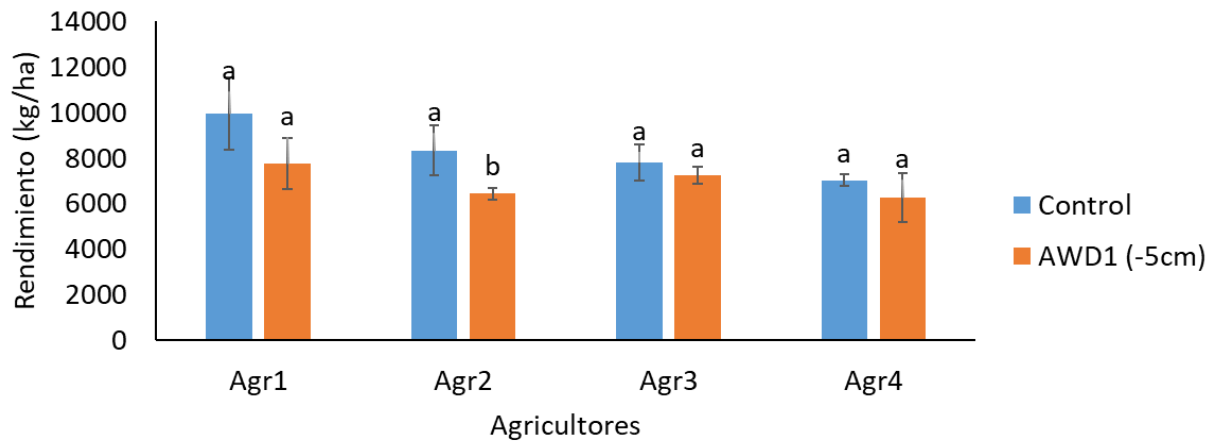
Gráfica 1. Uso de agua en las parcelas demostrativas.

#### 3.2 Rendimiento en grano

Se observó una leve disminución en los rendimientos de los tratamientos AWD1 con respecto al control. La disminución fue entre un 7 a un 20% menos. Las diferencias fueron más importantes en la segunda parcela demostrativa. En el resto de las parcelas las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 1. Resultado de análisis estadístico para el rendimiento en grano.

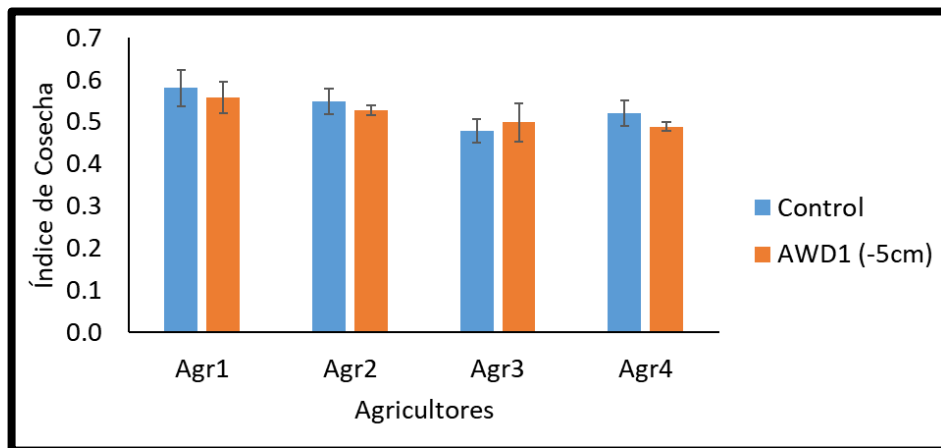
Agricultor	media control	media tratamiento	p-valor
	kg/ha		
Agri1	9957	7765	0.1206
Agri2	8341	6436	0.0158
Agri3	7806	7240	0.1757
Agri4	7011	6278	0.6313



Gráfica 2. Rendimiento en grano en las parcelas demostrativas.

### 3.3 Índice de Cosecha

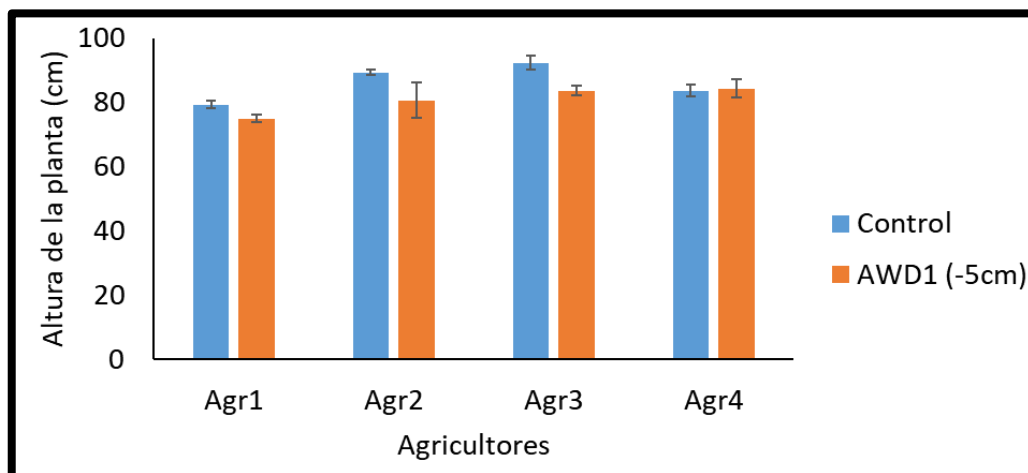
No se observaron diferencias entre los índices de cosecha entre los tratamientos. Los valores estuvieron entre 0,5 y 0,6 (Gráfica 3).



Gráfica 3. Determinación del índice de cosecha en las parcelas demostrativas.

### 3.4 Altura de la planta

En general la altura de las plantas de arroz estuvo entre valores de 75 cm a 92 cm (Gráfica 4). Solamente en el agricultor 2 y 3 (Agr2 y Agr3), se observó una diferencia importante en la altura en donde el tratamiento AWD1 mostró una disminución de un 10% en el tamaño de la planta.



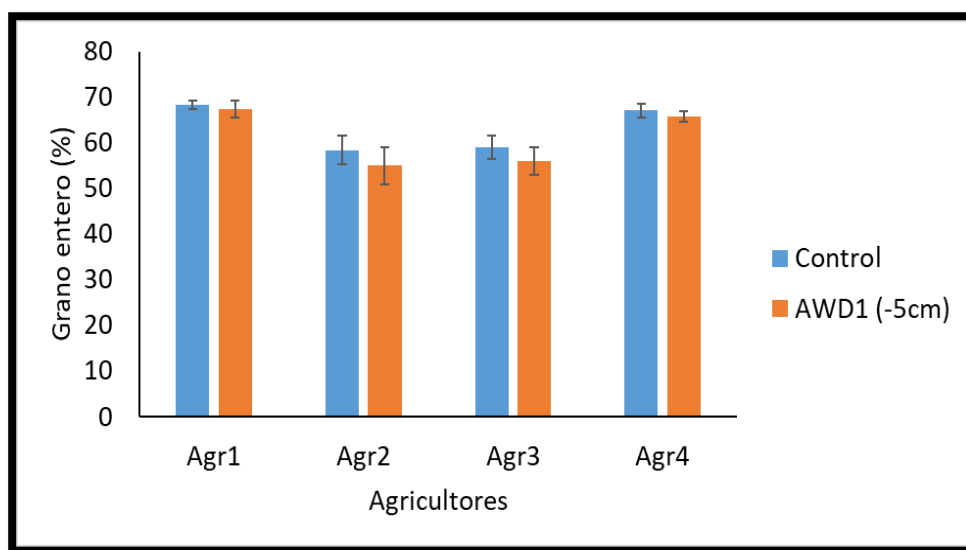
Gráfica 4. Determinación de la altura de la planta de las parcelas demostrativas.

### 3.5 Calidad del grano

La calidad del grano cosechado no fue afectada con el tratamiento de riego AWD1, observándose valores similares a los controles realizados. El valor estuvo entre 55 y 68 % de grano entero, cuyo valor fue dependiente del agricultor que desarrolló las labores (Ver tabla 2 y gráfica 5). Los mayores valores se observaron en el agricultor 1 que corresponde al Sr. Juan Norabuena con un valor promedio de 68% de grano entero y el valor más bajo fue observado en el mismo agricultor la temporada siguiente.

Tabla 2. Resultado de análisis estadístico para el grano entero.

Agricultor	media control	media tratamiento	p-valor
	%		
Agri1	67.3	68.3	0.638
Agri2	65.7	67.0	0.530
Agri3	56.0	59.0	0.483
Agri4	55.0	58.3	0.552



Gráfica 5. Determinación del grano entero en las parcelas demostrativas.

### 3.6 Costos

Tabla 3. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arroceros entre temporadas 2021 y 2022.


Tratamiento	Superficie parcela demostrativa (ha)	Tamaño del predio (ha)	Rendimiento (t/ha)	Precio del arroz con cáscara por kg en grano (USD)	Ingreso bruto por ha (USD)	Costo cultivo por ha (USD)	Ingreso neto por ha (USD)	Diferencia Control-AWD1 (USD)
Control Agr1	1	26	9.9	0.33	3272	1654	1618	701.8
AWD1 (-5cm) Agr1	1		7.7	0.33	2545	1628	916	
Control Agr2	1	47	8.3	0.33	2743	1733	1010	597.8
AWD1 (-5cm) Agr2	1		6.4	0.33	2115	1702	412	
Control Agr3	2	11	7.8	0.33	2578	2239	338	92.8
AWD1 (-5cm) Agr3	2		7.2	0.33	2379	2134	245	
Control Agr4	1	26	7	0.311	2177	1804	372	175.1
AWD1 (-5cm) Agr4	1		6.2	0.311	1928	1731	197	

#### 4. Discusión

La metodología de riego AWD, es una tecnología que busca disminuir el consumo de agua, sin comprometer el rendimiento en grano. Este riego consiste en alternar periodos de inundación y sin inundación. Los periodos sin inundar son variables y dependen del tipo de suelo, de la fenología de la planta y del nivel de disminución de la lámina de agua que se establece como máximo.

Esta metodología de riego para el cultivo del arroz permite evitar la inundación permanente de los cuadros hasta la etapa reproductiva y permite disminuir el uso de agua que actualmente con





los sistemas tradicionales está por sobre los 18.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Para nuestro país esta metodología de riego funcionó de manera muy eficiente al utilizar siembra directa. Por ello, considera la mayor parte de sus labores para lograr su éxito. Este sistema de siembra requiere una preparación de suelo a cota cero (0) o micronivelación láser y necesita de una preparación de suelo seco obteniendo una buena cama de semillas con un suelo bien mullido. La siembra se realiza con una máquina sembradora, con una profundidad de siembra de dos a tres centímetros y una dosis de semilla de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Para implementar este tipo de tecnología es necesario la utilización de un piezómetro que se construye utilizando un tubo de PVC de más de 20 cm de diámetro por 30 cm de largo, y debe ser enterrado a más de 20 cm, en un lugar representativo del campo (Figura 6). Una vez enterrado se debe retirar la tierra que está al interior del tubo. La parte enterrada del tubo de PVC debe tener orificios para permitir el flujo de agua entre el suelo que está alrededor y el interior del tubo. Este sistema permite medir la disminución de la lámina de agua bajo el nivel de la superficie del suelo. Si bien algunos estudios plantean que se debe volver a inundar cuando la lámina disminuye 15 cm bajo la superficie del suelo, estudios realizados en nuestro país demuestran que es más segura una disminución de 5 cm bajo la superficie del suelo. Esto puede ser monitoreado mediante una regla que se introduce al interior de la tubería. Durante el periodo de inundación se debe revisar constantemente que el interior del tubo tenga el mismo nivel de agua que el campo. Si esto no sucede es porque probablemente los orificios del tubo están tapados con el mismo suelo.

Una mejora a este sistema es la utilización de un medidor de nivel de profundidad denominado “Rice Checker”. Este sistema no requiere de una regla y permite ver el nivel de agua en el campo a gran distancia.

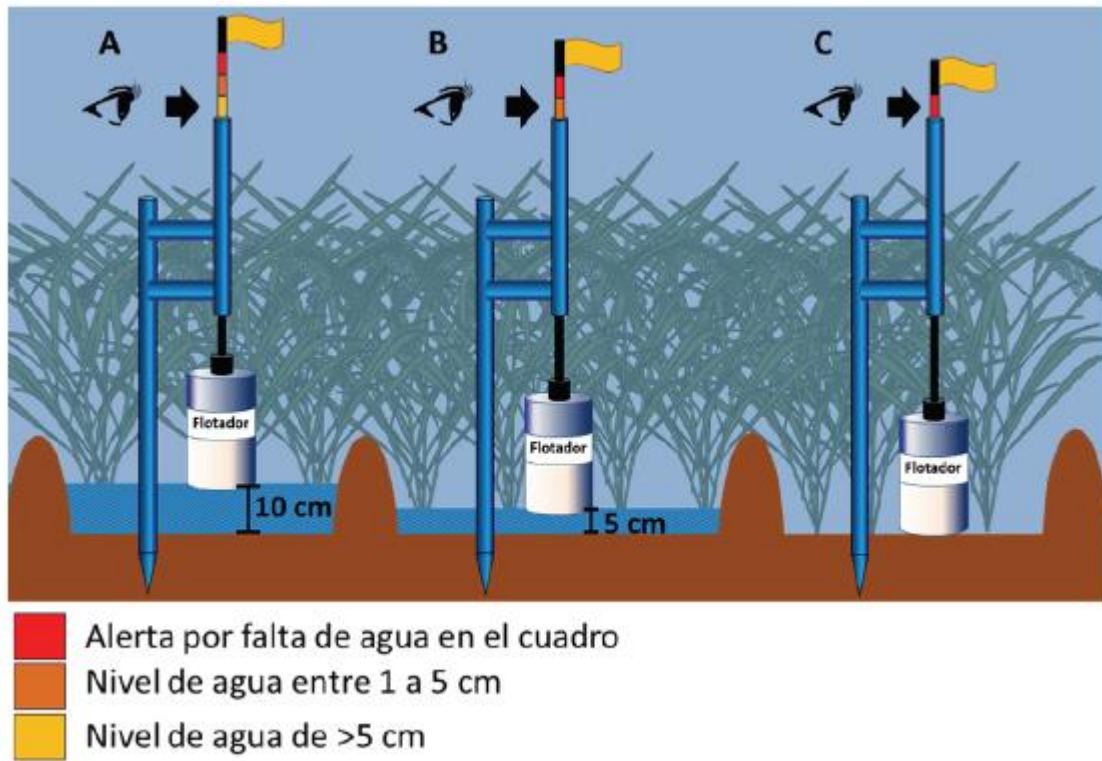


Figura 6. Diferentes alturas de la lámina de agua determinadas por un piezómetro.

Para un correcto uso de esta tecnología, se debe tener en cuenta los siguientes pasos (Figura 7):  
Consideraciones y sugerencias

La cantidad de días en que el suelo estará alternando la inundación con el suelo seco es variable y dependerá del tipo de suelo, estado de desarrollo de la planta y del clima.

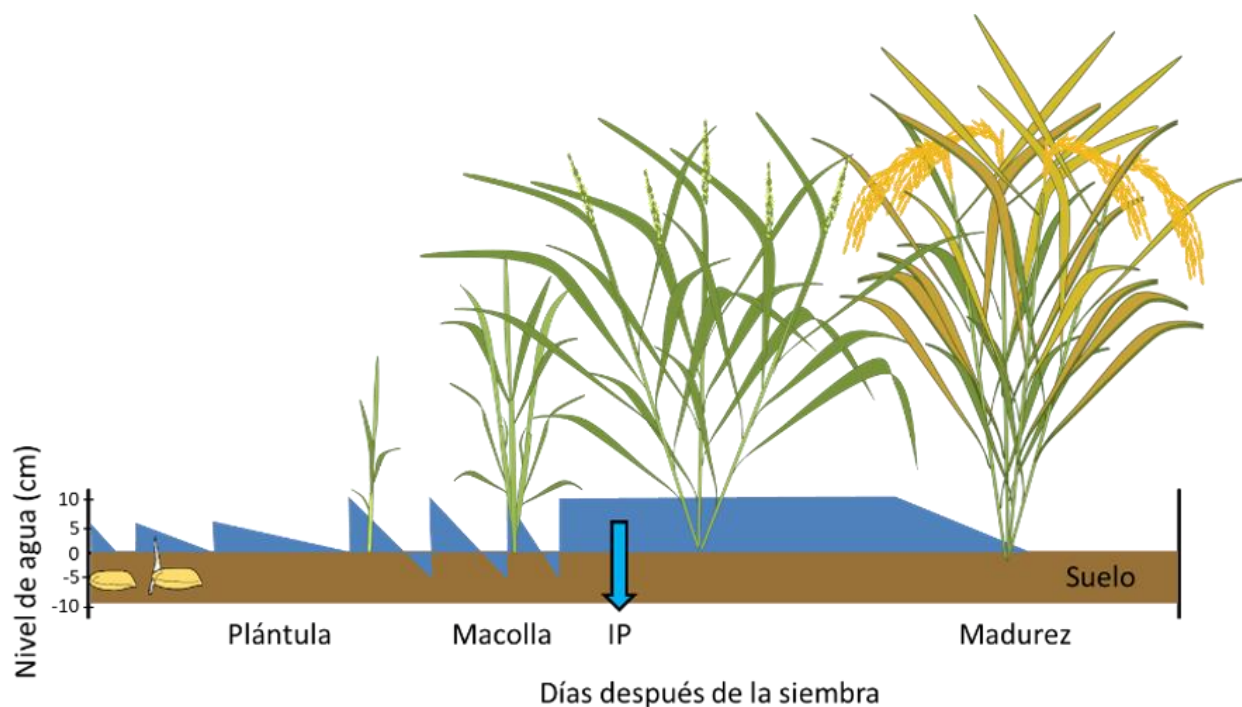



Figura 7. Riego con la metodología AWD. En color azul se representa el nivel de la lámina de agua y en color café el suelo. IP, corresponde a la etapa de inicio de panícula. La metodología AWD se realiza entre la etapa de plántula y macolla.

Finalmente, y dependiendo de las condiciones de suelo, se recomienda detener el riego durante la maduración del grano en suelo con alta capacidad de retención de humedad y en suelos con baja retención de humedad, se recomienda dejar de regar después de asegurar una buena humedad de suelo cuando el grano de arroz esté lechoso.

En caso de una alta presencia de malezas este sistema debe posponerse de 2 a 3 semanas para utilizar la inundación como medio de control de las malezas y mejorar la efectividad de los herbicidas. La utilización de fertilizantes debe estar basado al análisis de suelo del predio y su aplicación es la misma recomendada al realizar siembra directa, recordando que se debe realizar la fertilización nitrogenada antes de la inundación, cuando el suelo está seco.

La metodología AWD, se ha evaluado en varios países asiáticos. Esta tecnología consiste en




alternar periodos de suelo seco con inundación de 5 a 10 cm. El criterio de secado es que la lámina de agua debe bajar, como máximo hasta donde estén presentes las raíces del cultivo. Idealmente, esta alternancia en el riego se debe repetir hasta que la planta llega al estado reproductivo. Las razones principales son el uso de agua como regulador térmico frente a las bajas temperaturas y evitar un posible estrés por déficit hídrico debido al alto consumo de agua de la planta de arroz en este periodo de tiempo.

Sin embargo, es muy importante aclarar ciertas posibles situaciones que pueden ocurrir durante la etapa reproductiva. Si bien el agua protege a la planta de las bajas temperaturas, el ingreso y salida constante del agua del cuadro, genera puede generar un efecto adverso en la protección contra las bajas temperaturas en el arroz. Esto debido a que el agua que viene con baja temperatura no se logra calentar, las bajas temperaturas pueden generar mayores problemas de bajas temperaturas en los primeros momentos de la etapa reproductiva.

Dentro de los potenciales beneficios se encuentran: el menor uso de agua, la menor emisión de metano y la menor absorción de metales pesados.

Opinión de la cadena del arroz en Chile. Empresa de asistencia técnica Agroparral: Uno de los factores limitantes para la producción de arroz en Chile es la disponibilidad de agua. La falta de agua durante la etapa reproductiva del arroz puede causar pérdidas en los rendimientos en grano que van desde un 40 % a la pérdida total de la producción. Para lograr hacer frente a esta situación diversas medidas pueden ser tomadas con el fin facilitar el desarrollo de este rubro en condiciones en un escenario complejo en donde las precipitaciones son cada vez más escasas. Es por ello por lo que la agenda de innovación promueve el uso eficiente del agua, sugiriendo la incorporación de nuevas tecnologías que permitan un menor consumo de agua y con mayor eficiencia. En este contexto una serie de importantes actores del sector arrocero entregan su opinión respecto a cómo nuestro país puede mejorar la administración del agua utilizada para el riego del arroz.

Respecto a las principales dificultades que enfrenta el riego en el cultivo del arroz se destacan a nivel extra predial, la presencia de canales de distribución de agua no revestidos, la falta de mediciones precisas de caudales en canales principales y derivados, la falta de capacitación en el personal encargado de la entrega el agua, la inexistencia de caudalímetros que entreguen




mediciones más precisas en los predios de los agricultores, la entrega de altos volúmenes de agua a principio de temporada y el actual escenario de mega sequía. Respecto a los problemas que se observan a nivel intrapredial son la falta de caudalímetros, falta de diseños prediales adecuados, las constantes pérdidas de agua sin considerar el reciclaje del agua y la baja tecnificación en el riego.

Respecto a las soluciones que se visualizan están la micronivelación con pala láser, la cual es postulada al programa SIRSD-S, administrado por el INDAP y SAG. Otra solución es la introducción y establecimiento de siembra directa de arroz, la cual se ha desarrollado desde el año 2014 a 2021, con una superficie actual de 1.600 has, por parte de la consultora. Esta consultora ha trabajado constantemente en la capacitación de los agricultores en el manejo del agua (niveles, canales de avance) y en la validación del volumen de agua ocupado en arroz mediante caudalímetros en superficies de 5 a 7 has a nivel de campo, donde se obtuvieron volúmenes de agua promedio en Pregerminado de 18.000 a 28.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y en siembra directa de 12.000 a 14.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Si bien se ha desarrollado proyectos que han validado lo observado en condiciones de terreno como el uso de mangas de riego, es necesario desarrollar proyectos de gestión hídrica a nivel de junta de usuarios, con énfasis en mejorar la eficiencia en la conducción y en el uso de caudalímetros en la entrega del agua al usuario. También es necesario el desarrollo de proyectos en donde se fomente una entrega más automatizada del agua tomando en cuenta las temperaturas del agua, aire, la que puede llegar a ser crítica dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentre la planta. Incremento de maquinaria agrícola apta para la siembra. En los proyectos también es conveniente establecer un sistema que permita la administración del agua en conjunto con los agricultores e instituciones públicas, para siembra directa en que los primeros riegos se realicen vía acumuladores prediales, pozos profundos y luego de siembra 30 a 40 días se realice recién la inundación del cultivo. Otro aspecto necesario de abordar en futuras iniciativas es la investigación de efectos de las altas temperaturas en la vanazón del arroz y el efecto de la dosis de nitrógeno en etapa vegetativa respecto a la vanazón en este cultivo.

Marcelo Ibáñez, jefe empresa asistencia técnica. SAT la Selva.

Según el asistente técnico Marcelo Ibáñez, el déficit de precipitaciones producto del cambio



climático presente en Chile en las últimas temporadas es un factor importante al considerar el riego en el cultivo del arroz. Otro factor que es determinante en el riego de este cultivo en el país es la falta de embalses que permitan acumular el agua durante los meses de lluvia, sobre todo en sectores que no cuentan con esta infraestructura. A nivel extrapredial, es necesaria la mejora de canales de conducción poniendo énfasis en el revestimiento de ellos ya que existe mucha pérdida de agua en ellos por infiltración. Otra dificultad presente en la actualidad es la falta de precisión en la entrega de agua a los agricultores notándose la ausencia de caudalímetros de precisión. Además, es importante considerar que los agricultores desconocen las formas actualmente disponibles para medir el agua en los predios.

Dentro de las soluciones a la mejora del riego en Chile están la práctica de preparación de suelo arrocero y la micro nivelación con pala láser incluida en el concurso de recuperación de suelos arroceros (SIRSDS). Esto se comenzó a trabajar a partir del año 1999, en donde los primeros agricultores lograron un mejor uso de agua y por ende un mejor control de las malezas. También han sido una contribución la realización de concursos de riego para revestimiento de canales, lo que actualmente sigue siendo necesario priorizar.

Otro aspecto que ha permitido un ahorro en el consumo de agua es la incorporación de la siembra directa. Sin embargo, la falta de infraestructura como tranques acumuladores en los predios impide la acumulación de agua que es abundante al principio de la temporada y que en el caso de la siembra directa no requiere inundación dentro de las primeras semanas del cultivo.

En relación con la investigación realizada hasta ahora, se destaca los trabajos realizados en las mediciones de uso de agua en el cultivo, logrando con esto hacer que los agricultores tomen conciencia de hacer un buen uso del recurso. Sin embargo, es necesaria una mayor transferencia respecto del uso de la canoa Parshall para la medición de caudal, lo que despierta muchas inquietudes entre los agricultores que hoy necesitan realizar sus propias mediciones en entrada y salida.

# DEMOSTRATIVOS REALIZADOS EN PERÚ

## 1. Introducción

En Perú, las parcelas demostrativas, se ubicaron en campos de agricultores, adscritos a la Comisión de Usuarios de Riego de Ferreñafe, Provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. El manejo que se transfirió a los tres productores arroceros, fue el tratamiento AWD1 (-5 cm) que a nivel experimental obtuvo los mejores resultados en reducir el consumo de agua sin afectar el rendimiento y con menores emisiones de gases de efecto invernadero. Adicionalmente se quiso evaluar verificar si existe alguna relación entre los resultados obtenidos y las variedades empleadas para establecer si existe alguna relación entre el manejo hídrico y las características que exhibe la variedad.

## 2. Metodología

### 2.1 Descripción de los manejos realizados en los lotes y su ubicación

#### *Parcela Demostrativa 1.*

*Agricultor:* Moisés Bustamante

*Ubicación geográfica:* 6°37'02.4348"S 79° 45'58.0752"W.

El fundo<sup>1</sup> “ El Pencal” tiene un área total de 6 has, y se sembró el cultivar “Galán”. Para evaluar la tecnología de AWD-1 (5cm) el agricultor destinó 5000 m<sup>2</sup> para la instalación de la parcela demostrativa en comparación con el manejo inundado de uso tradicional (5 000 m<sup>2</sup>). Los rendimientos que se obtuvieron fueron en inundación: 11 560 kg/ha, Rendimiento en secado y humedecimiento: 7 650 kg/ha.


#### *Preparación y labores agronómicas:*

La preparación de suelos, consistió en un pase de arado, riego para favorecer la germinación de las arvenses y posteriormente pase cruzado de rastra, nivelación láser.

El manejo agronómico, consistió en aplicar un herbicida pre emergente bentioacarbo con una dosis

---

<sup>1</sup> Fundo: Equivalente a hacienda o finca arrocera



de 50 Kg ha<sup>-1</sup> a los 5 días después del voleo de la semilla y una fertilización a una dosis de 150 Kg ha<sup>-1</sup> que fue realizada con la fuente nitrogenada urea y se fraccionó en tres momentos. Para controlar los insectos mosca minadora (*Hydrellia wirthii*) y gusano rojo (*Chironomus xanthis*) se realizaron dos aplicaciones de los siguientes productos: primera aplicación: Dantotsu, Coloso, Cypermex, segunda aplicación: Dantotsu, Coloso, Cypermex.

Trasplante-Campo definitivo: Considerando una edad óptima de plántula (30 días) se trasplantó el 15 de enero. El distanciamiento entre golpes<sup>2</sup> fue de 0.25 x 0.20 m, teniendo 20 golpes por m<sup>2</sup>. Inmediatamente después del trasplante se aplicó el herbicida pre emergente Butachlor. Se realizaron tres aplicaciones de agroquímicos con la finalidad de controlar plagas y enfermedades. En la primera aplicación se utilizaron los siguientes productos: Dantotsu, Coloso, Cypermex; en la segunda aplicación: Dantotsu, Coloso, Cypermex y finalmente en la tercera, aplicación: Antracol, Fitobolic, Dantotsu, Coloso, Cypermex.

El plan de fertilización fue de 260-60-60 de N-P-K. El fósforo y el potasio fueron aplicados al 100% se incorporó en el suelo al momento del trasplante; los fertilizantes que se aplicaron fueron fosfato di amónico y sulpomag. Para el caso del nitrógeno se fraccionó en cuatro partes: 30-20-30-20, las fuentes que se utilizaron fueron urea, sulfato de amonio y fósforo diamónico.

Para el tratamiento de riego con AWD (-5cm), se empleó el estrés moderado, se realizó en dos periodos.

#### *Parcela Demostrativa 2.*

Agricultor: Omar Muro Cajo.

Ubicación geográfica: 6°38'36.7"S 79° 48'55.5"W.

#### *Preparación y labores agronómicas:*

La cultivar que sembró fue La Capoteña. El área del fundo es de 6 Ha. La parcela de inundación tuvo un área de 7 200 m<sup>2</sup> y obtuvo un rendimiento de 11 083 Kg ha<sup>-1</sup>. En el tratamiento AWD se sembró en un área de 4800 m<sup>2</sup> y se alcanzó un rendimiento de 12 075 kg ha.


La preparación de suelos, consistió en un pase de arado, riego para favorecer la germinación de las arvenses y posteriormente pase cruzado de rastra, nivelación láser.

El almácigo se instaló el 8 de enero. El manejo agronómico, consistió en aplicar un herbicida pos

---

<sup>2</sup>





emergente Penoxsulam-Triclopyr; aplicado cuando las malezas tenían tres hojas. La fertilización nitrogenada usó un nivel de 150 Kg ha<sup>-1</sup> que fue realizada con la fuente nitrogenada urea y molimax a los 12 días después del voleo de la semilla. Para controlar los insectos mosca minadora (*Hydrellia wirthii*) y gusano rojo (*Chironomus xanthis*) se realizaron dos aplicaciones de los siguientes productos:

Primera aplicación: Actara, Bronco, Curyon.

Segunda aplicación: Actara, Bronco, Curyon.

Trasplante-Campo definitivo: Considerando una edad de plántula (35 días) se trasplantó el 12 febrero. El distanciamiento entre golpes<sup>3</sup> fue de 0.25 x 0.20 m, teniendo 20 golpes por m<sup>2</sup>. Inmediatamente después del trasplante se aplicó el herbicida pos emergente Bengala.

Para el control de plagas y fertilizaciones foliares se realizaron cuatro aplicaciones.

Primera aplicación: Eureka, Selecto, Boxer, Actara, Bronco, Curyon, Quieto, Lumus.

Segunda aplicación: Actara, Bronco, Curyon, Fruit xl.

Tercera aplicación: Actara, Bronco, Curyon, Quieto, Fruit xl, boxer.

Cuarta aplicación: Actara, Bronco, Curyon, Quieto, kobrex, Reventon, Fruit xl, Radigrow, Apu, Cuajosil, Rozil.

El plan de fertilización fue de 260-60-60 de N-P-K. El fósforo y el potasio fueron aplicados al 100% se incorporó en el suelo al momento del trasplante; los fertilizantes que se aplicaron fueron fosfato monoamónico y sulpomag. Para el caso del nitrógeno se fraccionó en tres partes: 30-20-30-20, las fuentes que se utilizaron fueron, sulfato de amonio y fósforo monoamónico.

El tratamiento de riego tuvo dos periodos de secado

### *Parcela Demostrativa 3*


Agricultor: César Saturnicio Mendoza.

Ubicación Geográfica: 6°37'02.4"S 79° 45'58.1"W.

### *Preparación y labores agronómicas:*

---

3



La parcela demostrativa 3, propiedad del Agricultor: César Saturnicio Mendoza, se instaló en el distrito: Pueblo Nuevo, Sector: Luzfaque y el área del fundo fue de 4 has. El cultivar sembrado fue La Capoteña. Inundación: 10 000 m<sup>2</sup>, AWD: 5000 m<sup>2</sup>

Almácigo: Se instaló el 03 de enero del 2021. El control de malezas se llevó a cabo con el herbicida pos emergente Penoxulam. Para incentivar el crecimiento se aplicó sulfato de amonio a una dosis de 42 Kg N ha.

Trasplante: Se ejecutó el 04 de febrero, a los 31 días después de la instalación del almácigo.

Control de plagas y de fertilizantes foliares: se utilizaron los siguientes agroquímicos:

Primera aplicación: Acromis, Selecto, Fitovert.

Segunda aplicación: Acromis, Selquima, Selecto, Lumus.

Fertilización: El plan de fertilización fue el siguiente: N=306, P=46, K=72.

Primera fertilización: 72 Kg de potasio, a través de la aplicación de dos bolsas de sulfato de potasio y dos de sulpomag. El fosfato diamónico, se aplicaron dos bolsas y 4 bolsas de urea equivalente a 96 Kg de N. En total se aplicaron 128 unidades de N.

Segunda Fertilización: 96 unidades de nitrógeno mediante la aplicación de cuatro bolsas de urea.

Tercera fertilización: 2 bolsas de urea, equivalente a 46 Kg de N.

Cuarta fertilización: 4 bolsas de sulfato de amonio, con un aporte de 36 unidades de N

El tratamiento de AWD se realizó en dos periodos y se evaluó el consumo de agua y la reducción del mismo con respecto al control.

## 2.2 Determinación del consumo de agua


Para conocer el volumen de agua consumido, se solicitó al agricultor el número de riegos acumulados durante la ejecución de las parcelas demostrativas que solicitó a la Comisión de Usuarios de Riego de Ferreñafe.

## 2.3 Determinación del rendimiento

Se cuantificó el número de sacos que se obtuvo al concluir la cosecha mecanizada en el área asignada a cada uno de los tratamientos. Se determinó la humedad del grano y se ajustó al 14%.

## 2.4 Determinación de altura de planta, panículas y golpes/metro cuadrado

### *Altura de la planta*



Se realizó antes de la cosecha y se evaluaron 10 golpes al azar en cada uno de los tratamientos (inundado y AWD).

La determinación de la altura de la planta consistió en medir desde el cuello del tallo hasta el órgano (hoja o panícula) más alto de la planta.

#### *Número de panículas por metro cuadrado*

Se contó el número de panículas en 10 golpes y se multiplicó por el número de golpes en promedio que se tuvo por metro cuadrado cuando se realizó la evaluación.

#### Número de golpes<sup>4</sup> por metro cuadrado

Consistió en evaluar cinco puntos de un metro cuadrado cada uno y se contaron los golpes que habían en cada uno de ellos.

#### 2.5 Determinación de calidad del grano

Se determinó a partir de dos muestras de 100 g de arroz cáscara de cada tratamiento. Todas las muestras se llevaron al laboratorio para la molienda con el molino de prueba ZACCARIA (Modelo PAZ-1-DTA). Los granos descascarados (enteros y quebrados) de cada muestra, fueron pesados con una balanza electrónica.

#### 2.6 Determinación de costos

Los agricultores, llevaron un registro de los gastos que incurrieron para el manejo de la parcela demostrativa. Los rubros fueron: Insumos, preparación de suelos, labores culturales previas a la labranza, labores culturales durante el almácigo, labores culturales en el campo definitivo, lo que fue informado al final de la conducción.

### 3. Resultados

#### 3.1 Resultados de Consumo de agua y rendimiento y calidad del grano

En la tabla 4, se observa un resumen de las variables evaluadas en la parcela demostrativa del productor Moisés Bustamante. Ambas parcelas (inundado y AWD) tuvieron un área de 5 000 m<sup>2</sup>, que corresponde al 10% del área del fundo para no comprometer su estabilidad económica.

---

<sup>4</sup> Golpe: Unidad fisiológica de rendimiento, conformada por un número de plantas que se colocan en un punto del suelo.

Al comparar los rendimientos, en el tratamiento AWD, hubo una disminución de 3,91 toneladas lo que representó un 33,9% de la productividad; esto se debería a una menor formación de materia seca en término de crecimiento de macollos, peso de panícula. En relación al consumo de agua se ahorraron 1 146 m<sup>3</sup> y la productividad del agua fue de 0,72 Kg en condiciones de inundación y de 0,51 en el tratamiento AWD. Este cultivar es de reciente introducción en el valle Chancay y no es tolerante a secas en el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que confirma la importancia del componente genético dentro del sistema de producción con relación al manejo de agua.

*Tabla 4. Resumen de variables evaluadas en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero. Moisés Bustamante. Año 2021*

Tratamiento	Área de parcela demostrativa (m <sup>2</sup> )	Tamaño fundo (has)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	Decremento en %	Consumo de agua m <sup>3</sup>	Ahorro de agua m <sup>3</sup>	Productividad del agua (Kg m <sup>-3</sup> )	Calidad del grano	
								Grano entero	Grano quebrado
Inundado	5 000	5	11,56		16 044		0,72	59,1	8,1
AWD (5 cm)	5 000		7,65	3,91 (33,9%)	14 898	1 146	0,51	58	11

En cuanto a la calidad del grano, la diferencia en el porcentaje de grano entero fue mayor en 1.1 puntos en el arroz producido en inundación. El porcentaje de grano quebrado en el tratamiento AWD, fue mayor en 3.1 puntos con relación al de inundación. La incidencia del factor biótico habría influido en el rendimiento del grano quebrado.

Respecto al análisis económico (Tabla 5), se observa que el ingreso neto en el tratamiento inundado fue de 3 930 dólares versus 2 601 del tratamiento AWD, presentando un diferencial favorable en el ingreso neto de 1329 dólares.

*Tabla 5. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de la tecnología AWD en*

campos de productor arrocero. Moisés Bustamante. Año 2021

Tratamiento	Área de parcela demostrativa (m2)	Tamaño fundo (has)	Rendimiento t ha-1	Precio del arroz Kg arroz cáscara \$	Ingreso bruto \$	Inversión cultivo \$	Ingreso neto por ha \$	
Inundado	5 000	5	11,56	0.34	3 930	1 503	Dólares	Diferencia
AWD (5 cm)	5 000		7,65	0.34	2 601	1 503	2 427	\$ 1 329

\* Tipo de cambio: 3.40 soles por dólar



Figura 8. Agricultor Moisés Bustamante y Asistente de Investigación Luis Ramos en la parcela demostrativa vs parcela con manejo tradicional



Figura 9. Agricultor Moisés Bustamante y Asistente de Investigación Luis Ramos en la parcela demostrativa vs parcela con manejo tradicional



*Figura 10. Parcela demostrativa en fase de maduración*



*Figura 11. Parcela demostrativa con periodo de inundación (lado izq) versus secado (lado der)*



*Figura 12. Parcela demostrativa con periodo de inundación (lado izq) versus secado (lado der)*

En la tabla 6, se observa un resumen de las variables evaluadas en la parcela demostrativa del productor Omar Muro Cajo. Las parcelas (inundado y AWD) tuvieron un área de 7 200 y 4 800 m<sup>2</sup>, respectivamente. Al comparar los rendimientos, el tratamiento AWD rindió una tonelada más; lo que representó un incremento del 9% en la productividad. Esto se podría explicar por la

mejor performance del cultivar La Capoteña frente a la tecnología AWD. La productividad del agua fue de 0,62 Kg en condiciones de inundación y de 0,81 en el tratamiento AWD.

Tabla 6. Resumen de variables evaluadas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero Omar Muro Cajo. Año 2021

Tratamiento	Área de parcela demostrativa (m <sup>2</sup> )	Tamaño fundo (has)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	Incremento en %	Consumo de agua m <sup>3</sup>	Ahorro de agua m <sup>3</sup>	Productividad del agua (Kg m <sup>-3</sup> )	Calidad del grano	
								Grano entero	Grano quebrado
Inundado	7 200	6	11,10		17 763		0,62	63	9,7
AWD (5 cm)	12 000		12,10	1 000 9%	14 898	2 865	0,81	61	10,9

En cuanto a la calidad del grano, la diferencia en el porcentaje de grano entero fue mayor en dos puntos en el arroz producido en inundación. El porcentaje de grano quebrado en el tratamiento AWD, fue mayor en 1.2 puntos con relación al de inundación.

Respecto al análisis económico (Tabla 7), se observa que el ingreso neto en el tratamiento inundado fue de 2 094 dólares versus 2 418 del tratamiento AWD, presentando un diferencial favorable en el ingreso neto de 324 dólares en favor del tratamiento AWD.

Tabla 7. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de tecnología AWD en campos de productor arrocero Omar Muro Cajo Año 2021

Tratamiento	Área de parcela demostrativa (m <sup>2</sup> )	Tamaño fundo (has)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	Precio del arroz Kg arroz cáscara \$	Ingreso bruto \$	Inversión cultivo \$	Ingreso neto por ha \$	
							Dólares	Diferencia
Inundado	7 200	6	11,10	0.324	3,596.40	1,502.00	2094	
AWD (5 cm)	12 000		12,10	0.324	3,920.40	1,502.00	2418	\$ 324

\* Tipo de cambio: 3.40 soles por dólar



*Figura 13. Agricultor Omar Muro Cajo junto con el asistente de investigación en parcela demostrativa. Piezometro en la parcela demostrativa para controlar reponer el riego según el tratamiento*



*Figura 14. Agricultor Omar Muro Cajo junto con el asistente de investigación en parcela demostrativa. Piezometro en la parcela demostrativa para controlar reponer el riego según el tratamiento*





*Figura 15. Parcela demostrativa con periodo de secado (lado izq) versus inundación (lado der)*



*Figura 16. Agricultor Omar Muro Cajo*

En la tabla 8, se observa un resumen de las variables evaluadas en la parcela demostrativa del productor Saturnicio Mendoza. Las parcelas (inundado y AWD) tuvieron un área de 10 000 y de 5 000 m<sup>2</sup>, respectivamente. Al comparar los rendimientos, se observa que no existen grandes diferencias sino que el tratamiento AWD rindió 420 Kg más en comparación al tratamiento inundado; lo que representó un incremento del 3,70% en la productividad lo que favorece su adopción, considerando que en las cuatro hectáreas produciría 1,68 toneladas más. La productividad del agua fue de 0,76 Kg en condiciones de inundación y de 0,86 en el tratamiento AWD.

Tabla 8. Resumen de variables evaluadas en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero Saturnicio Mendoza. Año 2021.

Tratamiento	Área de parcela demostrativa (m2)	Tamaño fundo (has)	Rendimiento t ha-1	Incremento en %	Consumo de agua m3	Ahorro de agua m3	Productividad del agua (Kg m-3)	Calidad del grano	
								Grano entero	Grano quebrado
Inundado	10 000	4	11,34		14 898		0,76	67.6	6.8
AWD (5 cm)	5 000		11,76	420 3.70%	13 752	1 146	0,86	59.2	11

La calidad del grano, fue mejor en el tratamiento inundado y presentó 67.6% de grano entero en comparación al tratamiento AWD que alcanzó un 59,2 %. El porcentaje de grano quebrado en el tratamiento AWD, fue mayor en 8.4 puntos con relación al tratamiento inundado.

En el análisis económico (Tabla 9), se observa que el ingreso neto en el tratamiento inundado fue de 1 844 dólares versus 1980 del tratamiento AWD, presentando un diferencial favorable en el ingreso neto de 136 dólares en favor del tratamiento AWD.

Tabla 9. Resumen de variables evaluadas relacionadas con costos en parcelas de validación de la tecnología AWD en campos de productor arrocero Saturnicio Mendoza. Año 2021.

Tratamiento	Área de parcela demostrativa (m2)	Tamaño fundo (has)	Rendimiento t ha-1	Precio del arroz Kg arroz cáscara \$	Ingreso bruto \$	Inversión cultivo \$	Ingreso neto por ha \$	
							Dólares	Diferencia
Inundado	10 000	4	11,34	0.324	3,674.00	1,830.00	1844	
AWD (5 cm)	5 000		11,76	0.324	3,810.00	1,830.00	1980	\$ 136

\* Tipo de cambio: 3.40 soles por dólar



*Figura 17. Vistas de la parcela demostrativas en fase reproductiva*



*Figura 18. Vistas de la parcela demostrativas en fase reproductiva*



*Figura 19. Vistas de la parcela demostrativas en fase de maduración*

### 3.2 Altura de planta, panículas y golpes por metro cuadrado

Para la parcela uno los resultados indican que el tratamiento AWD no afectó la altura de planta por haber alcanzado ambos una altura de 93.2 cm lo que se puede observar en la Tabla 10, en cuanto al número de golpes se obtuvo que para el tratamiento inundado fue de 19 y el AWD fue de 17 golpes.

*Tabla 10. Evaluación de altura de planta en los tratamientos inundado y AWD parcela 1*

Golpes	Altura de planta		N° de panículas por metro cuadrado	
	Tratamiento inundado	Tratamiento AWD	Tratamiento inundado	Tratamiento AWD
1	92	92	456	561
2	93	93	494	391
3	91	91	494	527
4	90	90	513	323
5	89	89	399	306
6	93	93	456	204
7	95	95	285	323
8	87	87	380	510
9	101	101	380	289
10	101	101	570	323
Prom	93.2	93.2	443	375.7

- En el tratamiento inundado, tuvieron en promedio 19 golpes por metro cuadrado.
- En el tratamiento AWD, tuvieron en promedio 17 golpes por metro cuadrado.

Para el caso de la parcela dos los resultados indican que el tratamiento AWD no afectó la altura de planta por haber alcanzado 106 cm (AWD) y 103 cm (tratamiento inundado) (Tabla 11).

En cuanto a el número de panículas por metro cuadrado, se contó el número de panículas en 10 golpes y se multiplicó por el número de golpes en promedio que se tuvo por metro cuadrado cuando se realizó la evaluación, que para el tratamiento inundado fue de 21 y el AWD fue de 16 golpes.

Tabla 11. Evaluación de altura de planta en los tratamientos inundado y AWD parcela 2

Golpes	Altura de planta		N° de panículas por metro cuadrado	
	Tratamiento inundado	Tratamiento AWD	Tratamiento o inundado	Tratamiento AWD
1	97	108	462	272
2	98	110	525	320
3	93	109	567	304
4	98	97	609	432
5	100	106	546	480
6	104	109	504	512
7	108	105	420	288
8	106	106	567	512
9	112	100	630	288
10	110	112	546	384
Prom	102.6	106.2	481	379

- En el tratamiento inundado, tuvieron en promedio 21 golpes por metro cuadrado.
- En el tratamiento AWD, tuvieron en promedio 16 golpes por metro cuadrado.

En cuanto a la parcela 3 los resultados de altura de planta indican que el tratamiento AWD no afectó la altura de planta por haber alcanzado 101.5cm (AWD) y 101.7 cm (tratamiento inundado) (Tabla 12).

Al contar el número de panículas por metro cuadrado, se encontró que para el tratamiento inundado fue de 19 y el AWD fue de 20 golpes para el caso de la parcela tres.

Tabla 12. Evaluación de altura de planta en los tratamientos inundado y AWD Parcela 3

Golpes	Altura de planta		N° de panículas por metro cuadrado	
	Tratamiento inundado	Tratamiento AWD	Tratamiento o inundado	Tratamiento AWD
1	100	96	532	560
2	90	96	399	620
3	100	102	665	600

4	104	103	418	400
5	109	100	380	640
6	101	101	285	480
7	96	100	513	480
8	104	110	570	460
9	103	105	418	480
10	110	102	570	420
Prom	101.7	101.5	475	514

- En el tratamiento inundado, tuvieron en promedio 19 golpes por metro cuadrado.
- En el tratamiento AWD, tuvieron en promedio 20 golpes por metro cuadrado.

#### 4. Discusión

##### *Reacción varietal en los tratamientos de secado*

El cultivar Galán rinde 34 % menos, manejado con secado de suelo que en condiciones de inundación. El cultivar La Capoteña tiene mejor comportamiento, por ser más tolerante a los periodos de secado de suelo. De acuerdo a estas observaciones, las reacciones varietales indicarían que, frente a la escasez de agua, por efecto del cambio climático, el desarrollo de cultivares con tolerancia moderada al estrés hídrico, sería un gran aporte para las condiciones de la costa árida peruana.


Por las observaciones de campo realizadas en el crecimiento y desarrollo, se aprecia que las reacciones varietales a los periodos de secado de suelo son diferentes, en consecuencia, las metodologías de ahorro de agua deben ser adecuadas a los cultivares que usan los agricultores.

##### *Cultivares de arroz precoces y con habilidad competitiva*

Para sumarse a este gran objetivo de reducir el consumo de agua y emisiones, es importante considerar desarrollar cultivares de arroz precoces (130 días), con vigor en los estados tempranos para no ser dominados por las malezas, considerando que en los periodos de secado se incrementan las poblaciones de arvenses, y los rendimientos no sean grandemente reducidos.

##### *Sustitución del sistema de siembra*

La siembra directa, consume menos agua por que en los estadios tempranos no utiliza inundación continua permitiendo reducir el consumo de agua.



### *Tarifa de agua*

La tarifa del agua está subvaluada, por cada riego (573 m<sup>3</sup>) que recibió un agricultor pagó un derecho de 103 dólares y equivale a 0.18 dólares por cada metro cúbico. Por lo que no existe una conciencia de la importancia de este recurso a pesar de las frecuentes sequías que se presentan en el valle por efecto del cambio climático.

### *Pérdidas de agua por conducción*

Contemplar la mejora de la conducción de agua durante la distribución hacia los campos de los agricultores,, ya que sólo los canales principales están revestido,s pero los canales secundarios y los canales internos de los fundos de los productores carecen de revestimiento y pueden llegar a pérdidas que alcanzan el 60%, requiriéndose de políticas agrarias orientadas a mejorar la eficiencia de conducción.

### *Conveniencia de la aplicación de la tecnología*

Esta tecnología, ayudaría a mejorar la sustentabilidad de la producción de arroz, considerando que la costa peruana es una zona árida que depende del abastecimiento de agua de cuencas hidrográficas provenientes de la cordillera andes, y que en los últimos 25 años han presentado escasez y retrasos de las lluvias que afectan la economía de los productores porque no pueden instalar la totalidad de sus áreas o por el retraso del inicio de las siembras.

El ahorro de agua, permite el aseguramiento de los medios de vida de los productores arroceros porque podrán sembrar mayor área con menos agua y con menor impacto negativo ambiental por la reducción de los gases de efecto invernadero como el metano.



# DEMOSTRATIVOS REALIZADOS EN COLOMBIA

## 1. Introducción

Los ensayos de validación del proyecto se desarrollaron en tres lotes comerciales del municipio de Saldaña, en el departamento de Tolima, durante el año 2021. Los tres lotes se encontraban adecuados en piscinas y fueron manejados utilizando la metodología AWD1 (-5 cm,. Esto debido a que esta metodología fue la que presentó el mejor desempeño respecto al menor uso de agua, menor emisión de gases de efecto invernadero y rendimiento en grano, en las parcelas experimentales, previamente realizadas.

Se realizaron los demostrativos en las campañas del 2020 y del 2021 respectivamente. A continuación se describe la metodología, resultados y discusión de las parcelas evaluadas en esta localidad.

## 2. Metodología

### 2.1 Descripción de los manejos realizados en los lotes y su ubicación

#### *Parcela Demostrativa 1:*

*Agricultor:* Carlos Vera.

*Ubicación geográfica:* 3.9275; -75.0017

#### *Preparación y labores agronómicas:*

El demostrativo se llevó a cabo en la Vereda Parcelación San Carlos, el área empleada fue de 4 ha y se sembró la variedad Fedearroz 2000, con el método de siembra en surco.

#### *Manejo Agronómico:*

##### Control de Malezas:

Aplicación de herbicidas en Presiembra Incorporada (PSI) para el control de arroz rojo: Butaclor 10 l/ha.

Quema química: Glifofed 5 l/ha + Piclofed 1 l/ha + Siliconado 0,1 l/ha

Aplicación de preemergencia total: Oxafed 3 l/ha + Glifofed 3 l/ha





Aplicación en posemergencia: Cyhalofed 2,5 l/ha + Siliconado 0,1 l/ha

**Fertilización:**

1° Abonada: Urea 50 kg/ha + KCl 37,5 kg/ha + Microessentials 100 kg/ha + Sulfazinc 40 kg/ha

2° Abonada: Urea 100 kg/ha + SAM 50 kg/ha + KCl 50 kg/ha

3° Abonada: Urea 87,5 kg/ha + Korn Kali 50 kg/ha + SAM 50 kg/ha + Sulcamag 50 kg/ha

4° Abonada: Urea 75 kg/ha + SAM 25 kg/ha + KCl 37,5 kg/ha

5° Abonada: Urea 75 kg/ha

**Control de insectos fitófagos y enfermedades:**

Aplicación de espiga: Duofed 0,35 l/ha + Tricifed 0,3 l/ha + Agridor 0,1 l/ha + Ares 0,8 l/ha

*Parcela Demostrativa 2:*

*Agricultor:* Nicéforo Lozano.

*Ubicación geográfica:* 3.89099; -75.00090

El demostrativo se llevó a cabo en la vereda Pueblonuevo, el área de 2.4 ha, el genotipo sembrado correspondió al Híbrido H57, con el método de siembra por trasplante mecanizado

**Control de Malezas:**

Aplicación de herbicidas en Presiembra Incorporada (PSI) para el control de arroz rojo: Butaclor 8 l/ha.

Quema química: Glifofed 5 l/ha + Piclofed 0,6 l/ha + Metsulfed 0,8 dosis + Siliconado 0,1 l/ha

Aplicación en postemergencia: Butaclor 3 l/ha + Felino 2 l/ha + Amina 0,25 l/ha + Biomex 0,08 l/ha + Siliconado 0,1 l/ha

**Fertilización:**

1° Abonada: Rafos 187 kg/ha + Sulfazinc 33 kg/ha

2° Abonada: Urea 73 kg/ha + SAM 42 kg/ha + Compostol 42 kg/ha

3° Abonada: Urea 87,5 kg/ha + Korn Kali 42 kg/ha + SAM 42 kg/ha

4° Abonada: Urea 83 kg/ha

**Control de insectos fitófagos y enfermedades:**

No se realizaron aplicaciones ni de insecticidas ni de fungicidas.

### *Parcela Demostrativa 3:*

Agricultor: Raúl Guzmán.

Ubicación geográfica: 3.9197; -75.0794

El demostrativo se llevó a cabo en la vereda Papagalá, el área de 1.4 ha y el genotipo sembrado correspondió al Híbrido H57, con el método de siembra por trasplante manual.

### *Manejo Agronómico:*

Control de Malezas:

Aplicación en postemergencia: Bispyrifed 400 0,27 l/ha + Piclofed 0,25 l/ha + Felino 2 l/ha + Butaclor 2,5 l/ha + Siliconado 0,1 l/ha

Aplicación en postemergencia: Propanil 4 l/ha + Siliconado 0,1 l/ha  
Propanil 3,3 l/ha + Siliconado 0,1 l/ha

Fertilización:

1° Abonada: Rafos 205 kg/ha + Sulfazinc 70 kg/ha + Compostol 70 kg/ha

2° Abonada: Urea 100 kg/ha + SAM 35 kg/ha + KCl 35 kg/ha

3° Abonada: Urea 100 kg/ha + KCl 35 kg/ha + SAM 35

4° Abonada: Urea 85 kg/ha + SAM 35 kg/ha + KCl 35 kg/ha

Control de insectos fitófagos y enfermedades:

Aplicación de espiga: Duofed 0,35 l/ha + Mancozeb 3,5 l/ha + Agridor 0,2 l/ha + Siliconado

### 2.2 Evaluación de Tratamientos de riego:

Cada lote fue dividido en dos secciones, en cada una de las cuales se aplicó uno de los tratamientos de riego:

- T1: Lámina de agua permanente
- T2: Manejo AWD 1 del riego

Se utilizaron mangueras para conducir el agua a través del lote y mejorar la eficiencia en su distribución, sistema conocido como MIRI<sup>5</sup> (figura 16).

---

<sup>5</sup> MIRI: Multiple Inlet Rice Irrigation



*Figura 20. Uso de MIRI para riego. Ensayo demostrativo del proyecto Fontagro.*



*Figura 21. Ensayo demostrativo del proyecto Fontagro.*



*Figura 22. Ensayo demostrativo del proyecto Fontagro.*

### 2.3 Consumo de agua:

Fueron instaladas canaletas Parshall, a la entrada del agua para cada tratamiento de riego. Con la ayuda de estos equipos se estimó la cantidad de agua utilizada a través del ciclo de cultivo.


### 2.4 Componentes de rendimiento:

#### - Macollas/Panículas:

En la fase de Maduración se contaron las macollas y panículas presentes en 8 cuadros de 50 cm x 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>), en cada uno de los tratamientos de riego.

#### - Espiguillas llenas y vanas y peso de 1000 granos:

En la etapa de grano maduro, se cosecharon todas las panículas presentes en 6 cuadros de 50 cm x 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>). Posteriormente, estas panículas fueron llevadas al laboratorio y se procedió a la separación y conteo de espiguillas llenas y vanas. Posterior al conteo, se determinó el porcentaje de espiguillas vanas con respecto al total de espiguillas para establecer el porcentaje de vaneamiento de la muestra, según la siguiente fórmula:



Vaneamiento (%) = (N° espiguillas vanas / N° total espiguillas) x 100

De las espiguillas llenas obtenidas en cada unidad experimental, se tomarán 1000 unidades y se procederá a determinar su peso.

## 2.5 Rendimiento en campo:

El rendimiento de grano de cada unidad experimental se obtuvo de la cosecha de 3 muestras en un área útil de 5 m x 4 m (20 m<sup>2</sup>). En el momento del pesaje de estas muestras se realizó la medición de la humedad de grano, para expresar el resultado final en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. El ajuste del peso con la humedad de grano fue realizado utilizando la siguiente fórmula:

Peso final = (peso inicial x (100 - humedad campo)) / (100 - 14)

## 2.6 Calidad molinera:

Al momento de la cosecha oportuna se toma una muestra (empacada en bolsa de papel) de 250 gramos de cada unidad de los 3 cuadros de rendimiento (de 4 m<sup>2</sup>) de cada unidad experimental, se limpia y se seca a la sombra hasta que tenga la humedad aproximada al 14 por ciento. Estas fueron enviadas al laboratorio de molinería del Centro Experimental Las Lagunas para realizar el proceso de trilla y establecer valores de índice de pilada y grano partido.

## 2.7 Costos de producción:

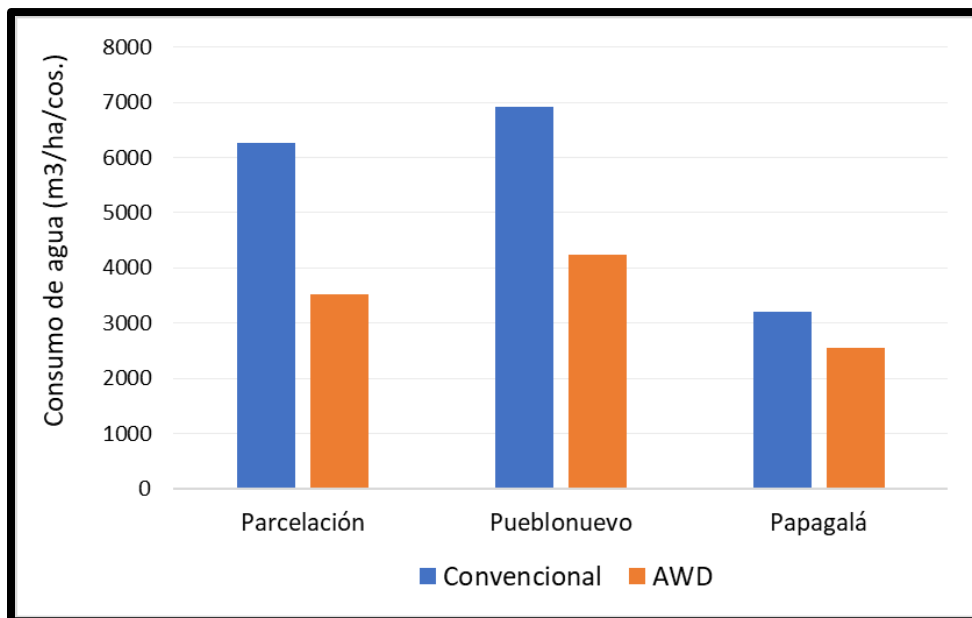
Fueron registrados los costos de producción en los tres ensayos demostrativos, para los dos tratamientos de riego.

# 3. Resultados

## 3.1 Consumo de agua

En cuanto al consumo de agua de riego, se observa una disminución importante en la cantidad de agua utilizada en los tratamientos de AWD, en los tres ensayos demostrativos realizados (Gráfica 6). La reducción en la cantidad de agua aplicada se realizó a través de la aplicación de un menor tiempo de ingreso de agua en cada riego o a través de la utilización de las piscinas más grandes para el tratamiento AWD, con un igual tiempo de riego.

Los ahorros de agua de riego en favor del tratamiento AWD fueron del 43.6%, 38.7% y 20.9%, para los ensayos de Parcelación, Pueblonuevo y Papagalá, respectivamente.



Gráfica 6. Consumo de agua en el cultivo del arroz bajo dos tratamientos de riego.

Cabe mencionar que se requirió un mayor esfuerzo en el control de malezas para las piscinas que tenían el tratamiento AWD. En una zona como Saldaña, que presenta una alta presión de arroz rojo y arvenses, se deben realizar tratamientos previos para reducir el banco de rojo y malezas y no sea necesario utilizar la lámina de agua como herramienta para el manejo de este problema. En este proyecto, se utilizó un tratamiento de herbicidas en presiembra incorporada, en el ensayo de Parcelación, y tratamientos de altas dosis de butaclor, previas al trasplante, en los otros dos ensayos.

### 3.2 Componentes de rendimiento

En cuanto al macollamiento del cultivo, los resultados fueron similares para los dos tratamientos de riego, en los ensayos de Parcelación y Papagalá (tabla 13). En el ensayo de Pueblonuevo se observa la producción de un mayor número de macollas en el tratamiento AWD. En términos

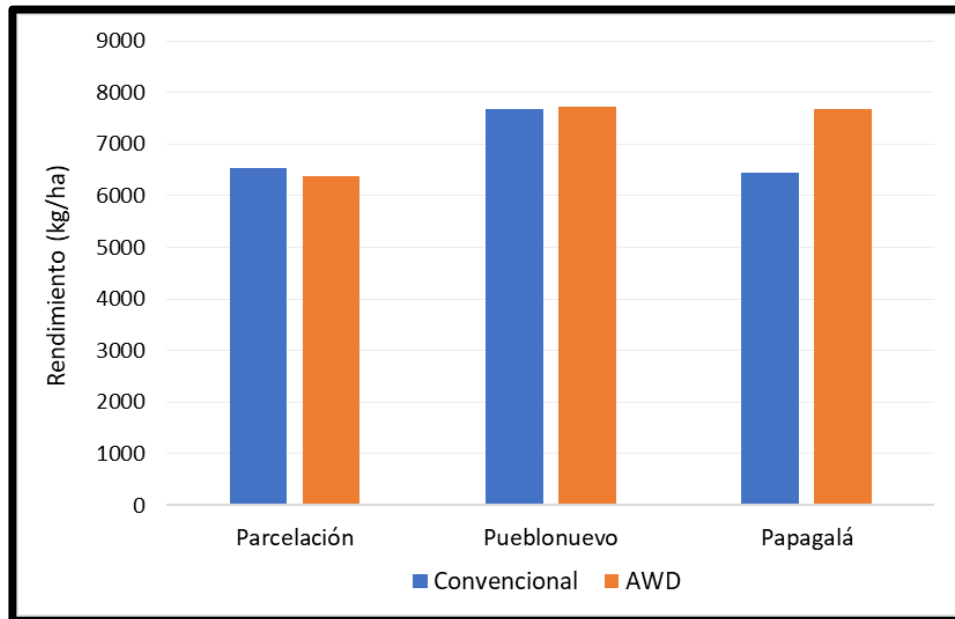
generales, un nivel de humedad de suelo entre saturación y capacidad de campo puede ser suficiente para favorecer el macollamiento de cultivo; sin embargo, otros factores como la eficiencia de la nutrición y el control de malezas se pueden ver afectados.

*Tabla 13. Número de macollas y panículas de plantas de arroz sometidas a dos tratamientos*

<b>Ensayo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Macollas/m<sup>2</sup></b>	<b>Panículas/m<sup>2</sup></b>
<b>Parcelación</b>	Convencional	618.8	589.3
	AWD	624.0	590.5
<b>Pueblonuevo</b>	Convencional	457.3	446.7
	AWD	497.3	485.3
<b>Papagalá</b>	Convencional	393.3	378.7
	AWD	386.7	377.3

En cuanto al rendimiento de grano, se puede observar que, para los dos primeros ensayos, no se presentaron diferencias importantes; es decir, se pudo obtener la misma cantidad de arroz con un menor consumo de agua de riego (gráfica 7). Para el caso del tercer ensayo, se presentó un incremento en el rendimiento de 1.2 ton/ha en favor del tratamiento AWD (Gráfica 7). Cabe mencionar que los tres ensayos fueron sembrados bajo condiciones del segundo semestre del año, las cuales son menos favorables para la productividad del cultivo, debido a menor disponibilidad de radiación solar para las etapas fenológicas finales de cultivo.

Los resultados alcanzados, sobre todo en el tercer ensayo, comprueban que el cultivo del arroz no requiere condiciones de inundación para su normal crecimiento y desarrollo, sino por el contrario, dichas condiciones pueden resultar incluso perjudiciales para el cultivo.



Gráfica 7. Rendimiento de grano del cultivo del arroz bajo dos tratamientos de riego.

Los componentes de rendimiento presentaron una tendencia similar a la del rendimiento final de grano (tabla 14). Se registró un tamaño de panícula (número de espiguillas totales) y un porcentaje de vaneamiento similares entre los tratamientos, para los ensayos de Parcelación y Papagalá. En el caso de la localidad de Papagalá, se expresó un mayor número total de espiguillas en el tratamiento AWD, lo que finalmente se expresó como un mayor número de espiguillas llenas (granos) por panícula, siendo el componente de rendimiento que impactó de manera significativa el rendimiento final de grano.

Tabla 14. Número de espiguillas totales y llenas por panícula, vaneamiento de espiguillas y peso de 1000 granos de panículas de arroz sometido a dos tratamientos de riego. Saldaña, 2021 B.



Ensayo	Tratamiento	N° espiguillas totales	N° espiguillas llenas/panícula	Vaneamiento (%)	Peso 1000 granos (g)
<b>Parcelación</b>	Convencional	70.3	52.1	25.1	26.6
	AWD	68.8	49.3	28.9	26.0
<b>Pueblonuevo</b>	Convencional	121.1	89.0	26.7	26.7
	AWD	122.5	83.4	31.6	26.0
<b>Papagalá</b>	Convencional	113.3	93.5	17.6	28.3
	AWD	152.4	121.4	19.9	28.0

### 3.3 Calidad Molinera

En cuanto a la calidad molinera, no se observó una diferencia importante entre los dos tratamientos de riego (tabla 15). Hay que mencionar, que las muestras se tomaron con el arroz un poco seco, lo que seguramente ocasionó que los valores de grano entero no fuesen más altos. En general, la variedad Fedearroz 2020 y el híbrido H57 presentan unos valores satisfactorios de calidad molinera.

Tabla 15. Calidad molinera de plantas de arroz sometidas a dos tratamientos de riego. Saldaña, 2021 B.

Ensayo	Tratamiento	Grano entero (%)	Grano partido (%)
<b>Parcelación</b>	Convencional	48.99	19.00
	AWD	51.24	17.44
<b>Pueblonuevo</b>	Convencional	48.90	20.45
	AWD	50.30	19.20

### 3.4 Costos de producción:

En cuanto a los costos de producción cabe señalar que, en cada uno de los tres ensayos demostrativos, se realizó un manejo agronómico similar para los dos tratamientos de riego (convencional y AWD). Es decir, los costos relacionados con los ítems de preparación de suelos, semilla y labor siembra, manejo nutricional y manejo fitosanitario fueron similares para los dos tratamientos evaluados. Para los ensayos de Pueblonuevo y Parcelación, a pesar de tener un menor consumo de agua en los tratamientos AWD, el costo del agua es similar para las dos tratamientos evaluados ya que el distrito de riego Usosaldaña (proveedor del agua de riego) no posee aforadores en los predios de manera que cobra una tarifa definida por el uso del recurso.

En el caso del ensayo de la vereda Papagalá, ensayo donde se utilizó el sistema de bombeo, sí se presentó un ahorro en combustible en el tratamiento AWD, ya que se redujo el número de horas requeridas de bombeo, lo cual reduce los costos del riego hace menos vulnerable al agricultor a una disminución en la disponibilidad del recurso hídrico. Como la productividad en el tratamiento AWD de este ensayo fue ampliamente superior al Convencional, se incrementaron los costos del Regador y de Recolección y Transporte, los cuales dependen del rendimiento alcanzado. Lo anterior hizo que, finalmente, se equipararan los costos de producción de los dos tratamientos de riego.


Tabla 16. Costos de producción en lotes demostrativos del proyecto

Costos de producción (US\$/ha) - Lotes demostrativos del proyecto						
Rubro	Carlos Vera		Nicéforo Lozano		Raúl Guzmán	
	Testigo	AWD	Testigo	AWD	Testigo	AWD
Asistencia Técnica	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05
Arriendo	342,11	342,11	342,11	342,11	34,21	34,21
Preparación	84,21	84,21	92,11	92,11	92,11	92,11
Siembra y Semilla	143,42	143,42	286,84	286,84	341,26	341,26
Costo del Agua	144,74	144,74	144,74	144,74	211,84	170,39
Regador	55,05	53,58	64,58	65,05	54,26	64,58
Fertilización	501,58	501,58	341,01	341,01	517,53	517,53
Manejo Malezas	209,21	209,21	101,35	101,35	80,20	80,20
Manejo Plagas	2,11	2,11	0,00	0,00	4,21	4,21
Manejo Enfermedades	16,32	16,32	0,00	0,00	17,96	17,96
Otros	3,43	3,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Recolección y Transporte	132,48	128,94	155,40	156,53	130,59	155,40
Costos administrativos	92,11	92,11	92,11	92,11	92,11	92,11
<b>Total</b>	<b>1747,81</b>	<b>1742,80</b>	<b>1641,29</b>	<b>1642,89</b>	<b>1597,33</b>	<b>1591,01</b>

El ejercicio económico de los dos tratamientos de riego, en los tres ensayos demostrativos, se presentan a continuación en la tabla 16. Para los ensayos de Parcelación y Pueblonuevo, se observan unos costos y un ingreso bruto muy similar, producto de la homogeneidad en rendimiento de los tratamientos de riego. Por el contrario, en el ensayo de Papagalá, el sistema AWD registró un rendimiento muy superior al testigo, alcanzando una mayor rentabilidad para el agricultor.

#### 4. Discusión


La implementación del tratamiento AWD en los tres ensayos demostrativos significó una



considerable reducción en la cantidad de agua de riego utilizada durante el ciclo. Las condiciones de producción de la zona arroceras de los municipios de Saldaña y Purificación (distrito de riego de Usosaldaña), donde la mayoría de los predios se encuentran adecuados en piscinas, facilitan la implementación de este tipo de prácticas ya que incrementan la eficiencia en el manejo del agua de riego. Los tres ensayos fueron desarrollados en lotes adecuados en piscinas, además del uso de mangueras para conducción de agua (sistema MIRI), lo que incrementa aún más la eficiencia del riego. La implementación de prácticas que favorezcan la eficiencia en el manejo del agua de riego puede conducir a un ahorro de este recurso hasta del 70%, lo que significa una mayor adaptación del sector arroceras a las condiciones de cambio y variabilidad climática (Garcés, 2020). Otras regiones arroceras de Colombia, donde predomina el sistema de caballoneo, han mejorado sus prácticas de preparación y adecuación de suelos, logrando importantes avances en el manejo del agua de riego (Monserrate *et al*, 2015); de esta manera, una implementación del sistema AWD nivel nacional es posible en Colombia, aprovechando los grandes progresos que han realizado en el manejo del recursos hídrico en la última década.

En los ensayos de Parcelación y Pueblonuevo no se presentaron diferencias en los rendimientos entre los tratamientos de riego. Uno de los objetivos del sistema AWD es conservar o mejorar la productividad del cultivo, utilizando una menor cantidad de agua, evitando la inundación, con la consecuente disminución en la emisión de gases de efecto invernadero. El resultado alcanzado en estos dos ensayos coincide con lo reportado por Carrijo *et al* (2017), quienes analizaron una serie de ensayos comparativos de AWD con respecto a la inundación permanente y encontraron que la aplicación de un tratamiento AWD moderado, como fue el caso de nuestros ensayos, no presentaron una reducción del rendimiento del cultivo. En cuanto al ensayo de Papagalá, se registró un importante incremento en el rendimiento en el tratamiento AWD con respecto al testigo bajo inundación. Algunos autores han reportado que es posible favorecer el crecimiento y productividad del cultivo del arroz, manejando regímenes de humedad de suelo por debajo de saturación (Garcés, 2020; Lin *et al*, 2005). La diferencia en rendimiento en favor del tratamiento AWD se sustentó en la expresión de un mayor tamaño de panícula lo cual se tradujo finalmente en un mayor número de espiguillas llenas (granos) por panícula. Estos resultados coinciden con los encontrados por Garcés (2012), quien reporta una mejor expresión del tamaño de la panícula cuando el arroz se desarrolló bajo condiciones de humedad de suelo entre capacidad de campo y saturación comparado con la inundación permanente.

Los costos de producción no presentaron diferencias entre los tratamientos de riego. Para los tres ensayos, fueron implementados planes de manejo agronómico iguales entre los tratamientos de riego, de manera que no se presentaría ninguna diferencia en los costos de



la mayoría de rubros. Las únicas diferencias se registraron en los rubros Regador y Recolección y Transporte, ya que dependen de la productividad alcanzada. Sin embargo, las diferencias fueron mínimas. Las diferencias en la cantidad de agua consumida no se ven reflejadas en los costos de producción ya que el distrito de riego, proveedor del recurso, no dispone de aforos prediales y termina cobrando la misma tarifa a los agricultores independiente del consumo de agua. Este tema puede ser una limitante para la adopción de la tecnología AWD en esta región ya que los agricultores pueden verse poco estimulados a ahorrar este recurso si ese esfuerzo no se ve reflejado en un menor costo del agua. El distrito ha expresado interés en la implementación de alternativas de medición a nivel predial y puede ser una medida que se tome hacia el futuro. En otras localidades arroceras, algunos distritos de riego premian con una menor tarifa a los agricultores que demuestren que están implementando alguna tecnología que permita ahorrar agua, lo que allana el camino para la implementación de la estrategia AWD en esas regiones.

En cuanto al ensayo de Papagalá, en el cual se implementó el riego por bombeo, sí registró diferencias en cuanto al rubro de costo del agua, ya que el tratamiento AWD permitió ahorrar combustible. En los costos de producción totales no se observa la diferencia, ya que la mejor productividad de AWD incrementó el valor de los rubros mencionados anteriormente y disminuyó la diferencias en costos entre los dos tratamientos. Sin embargo, el ahorro de combustible y el menor consumo de agua hace que los agricultores que implementan la tecnología AWD sean menos vulnerables a las condiciones cambiantes de clima y estén mejor adaptados a las condiciones de cambio y variabilidad climática que afectan al cultivo.



## Conclusiones

Los ensayos de validación realizados en fincas de agricultores de los tres países mostraron que es factible implementar la tecnología AWD en campos comerciales de arroz en nuestra región. El ejercicio realizado permitió observar que la implementación del sistema AWD presenta algunos desafíos, que deben ser salvados para obtener buenos resultados: la adecuación de suelos para un mejor manejo del agua de riego, mayor ajuste en el control de arvenses y arroz maleza, correcta labor de siembra para lograr un buen establecimiento del cultivo, uso de cultivares con tolerancia al estrés hídrico, buen vigor vegetativo; entre otras.

Los resultados alcanzados permitieron confirmar que resulta posible mantener o incluso mejorar los rendimientos de grano con la utilización del sistema AWD con respecto al riego convencional bajo inundación. El cultivo del arroz responde adecuadamente a regímenes de humedad por debajo de saturación, favoreciendo el crecimiento y la productividad del cultivo, lo cual se vió reflejado en los buenos resultados alcanzados en los ensayos demostrativos en los tres países.

El impacto ambiental de la implementación de esta tecnología es muy importante. Las reducciones en el consumo de agua, sumado a la reducción en las emisiones de metano y óxido nitroso evidenciadas en los ensayos experimentales, son un aporte significativo de la tecnología AWD al sistema productivo de arroz en su búsqueda de mejorar la productividad con un menor consumo de recursos y un menor impacto sobre el ambiente. De igual forma, el ahorro de agua puede representar menores costos para los agricultores, dependiendo de las condiciones bajo las cuales acceden a este recurso.

En muchos países, el costo del agua está subvaluado, y frente al escenario de crisis del agua mundial (cambio climático), se requiere de políticas agrarias en cada país que revalorice el recurso hídrico y promuevan la adopción de esta tecnología, con un programa de transferencia de tecnología que acompañe a los productores arroceros e involucre a todos los actores sociales de la cadena de valor del cultivo de arroz .

A nivel general, la implementación masiva de la tecnología AWD en los países latinoamericanos representaría un gran paso hacia la consecución de las metas de reducción de GEI y hacia un mejor manejo de un recurso crítico como el agua, conservando o mejorando la productividad y rentabilidad de los agricultores y favoreciendo la sostenibilidad social, ambiental y económica del cultivo del arroz en la región.



# Recomendaciones

Continuar con el proceso de transferencia de los resultados alcanzados hacia los diversos actores del sector arrocero en los diferentes países y desarrollar nuevos proyectos que permitan realizar los ajustes propios de la tecnología bajo las condiciones particulares de las diferentes zonas arroceras.

Realizar los ajustes a la tecnología AWD para las variadas condiciones ambientales y de producción que se presentan en los diferentes países latinoamericanos. Resulta estratégico encontrar apoyo para nuevos ciclos de ensayos demostrativos en diferentes regiones y condiciones ambientales para fortalecer el conocimiento de la respuesta de esta tecnología en diferentes escenarios de producción.

Generar las condiciones que faciliten la implementación del sistema AWD de manera masiva por parte de los agricultores de la región, a través de programas de fomento que incentiven la adecuación de suelos, la implementación de sistemas del sistema de riego con múltiples entradas (MIRI-por sus siglas en inglés), la utilización de prácticas que reduzcan las altas poblaciones de arvenses y arroz maleza (uso de semilla certificada, rotación de cultivos, entre otras), disponibilidad de equipos de siembra de precisión, entre otros. Acompañar estas prácticas agronómicas con la liberación de nuevos cultivares con tolerancia a los periodos aeróbicos sin afectar la productividad, fortalecería la adaptabilidad del sector arrocero a la variabilidad climática, principalmente a los pequeños agricultores.

Crear programas de incentivos en beneficio de los agricultores que implementen y promuevan la tecnología AWD con prácticas agronómicas sustentables, que reduzcan el impacto negativo ambiental de los actuales sistemas de producción de arroz que se practican en la Región.



## Referencias Bibliográficas

Amnat Chidthaisong, Nittaya Cha-un, Benjamas Rossopa, Chitnucha Buddaboon, Choosak Kunuthai, Patikorn Sriphirom, Sirintornthep Towprayoon, Takeshi Tokida, Agnes T. Padre & Kazunori Minamikawa (2017). Evaluating the effects of alternate wetting and drying (AWD) on methane and nitrous oxide emissions from a paddy field in Thailand, show less. Pages 31-38 | Received 22 May 2017, Accepted 27 Oct 2017, Published online: 06 Nov 2017

Carrijo, D., Lundy, M., Linquist, B. (2017) Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 203: 173–180.

FAOSTAT (2016) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT Database. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

Garcés, G. (2020) Adaptación del sector arrocero colombiano al cambio y la variabilidad climática. *Arroz* 68 (547), 38–48.

Garcés, G. (2012) Evaluación de alternativas de manejo del riego para mitigar el impacto de las altas temperaturas en el cultivo del arroz. Informe de investigación-Fedearroz FNA. Sin publicar.

IRRI (2013) Defining Site-Specific Adaptation Programs in Major Rice-Growing Areas with Specific Vulnerabilities. Technical Report 21, IRRI.

Lin, X., Zhou, W., Zhu, D., Zhang, Y. (2005) Effect of SWD irrigation on photosynthesis and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Field Crops Research*, 94: 67–75.

Monserrate, F., Morales, H., Ospina, F., Castilla, A., Quintero, M. (2015) AMTEC, programa pionero en el manejo del riego y reducción de la huella hídrica del arroz. *Arroz*, 63(519): 26-31.

Tiago Zschornack, Carla Machado da Rosa, Gabriel Munhoz Pedroso, Elio Marcolin, Paulo Regis Ferreira da Silva & Cimélio Bayer. (2016) Mitigation of yield-scaled greenhouse gas emissions in subtropical paddy rice under alternative irrigation systems,. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* volume 105: 61–73





# Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)