



MÁS ARROZ CON MENOS EMISIONES Y MENOR CONSUMO DE AGUA

Informe Técnico Final

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

www.fontagro.org

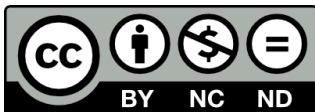


Tabla de Contenidos

Resumen	5
Antecedentes	7
Objetivos	13
1. Objetivo General del proyecto:	13
2. Objetivos Específicos	13
Metodología	15
1. TERRITORIOS DE INTERVENCIÓN	15
2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS	15
2.1 ENSAYOS BIOFÍSICOS	15
2.2 VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	19
2.2.1 CHILE	19
2.2.2 PERÚ	19
2.2.3 COLOMBIA	20
2.3 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	20
2.3.1 CHILE	20
2.3.2 PERÚ	21
2.3.3 COLOMBIA	21
2.4 SIMULACIÓN DE GASES	23
2.5 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN	23
Resultados y Discusión	25
Indicadores Técnicos	39
Hallazgos Destacados	45
Historias en el campo	47
Conclusiones	49
Recomendaciones	51



Referencias Bibliográficas

52

Instituciones participantes

56



Resumen

Mediante el proyecto se implementó una innovación tecnológica mediante la cual los agricultores pueden mantener su rendimiento teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental del cultivo. Bajo estas premisas se validó localmente los beneficios de una producción eficiente, competitiva y con un menor impacto ambiental bajo la implementación de la tecnología de Riegos alternados – AWD ((Alternate Wetting Drying), en cultivos de arroz en fincas de agricultores de Colombia, Perú y Chile. Este proyecto fue financiado con recursos de FONTAGRO y con recurso en contra partida en Colombia de FEDEARROZ-FNA, en Perú de la Universidad Agraria la Molina y en Chile por el INIA.

La práctica de manejo del riego intermitente, aplicando tecnologías para alternar la humedad y el secado (Alternate Wetting Drying, AWD) aumenta la eficiencia en el uso del agua y a la vez reducir las emisiones de GEI sin afectar significativamente el rendimiento. Lo anterior puede estar relacionado con cambios en las reacciones redox del suelo y por otro lado debido a la disminución de bacterias metanogénicas. En el caso del óxido nitroso (N_2O) es necesario seguir evaluando los factores que influyen en su emisión, por ejemplo, la fertilización. En el marco de este proyecto se evaluaron tres localidades diferentes, Saldaña en Colombia, Ferreñafe en Perú y Parral en Chile. Durante los dos primeros años se establecieron parcelas experimentales contrastando el manejo de riego convencional (control) con dos alternativas de riego intermitente AWD (“AW1” descenso de humedad a 5cm y “AWD” 2 a 10 cm), con referencia a la superficie del suelo). Finalmente, se realizó la validación de la tecnología AWD 1, en predios de agricultores de los tres países.






Antecedentes

Para el 2050 el mundo necesitará un 60% más de alimentos para suplir las necesidades de la población en crecimiento. En la agricultura se ocupa el 70 % del agua que se extrae en el mundo. En muchos países, la eficiencia en el uso del agua es inferior al 50 %, adicionalmente a nivel mundial, más de 330 millones de hectáreas cuentan con instalaciones de riego. La agricultura de regadío representa el 20 % del total de la superficie y aporta el 40 % de la producción total de alimentos en todo el mundo. La FAO prevé que en 2050 las necesidades mundiales de agua para la agricultura habrán aumentado en un 50% a fin de satisfacer la creciente demanda de alimentos a nivel mundial. FAO 2018.

Teniendo en cuenta lo anterior se han venido transfiriendo prácticas eficientes para el manejo sostenible del agua, buscando alternativas que promuevan el buen uso de los recursos naturales

Prácticas para el manejo sostenible del agua. Por este motivo la Federación Nacional de arroceros en Colombia y el Fondo Nacional Del Arroz vienen trabajando de la mano con el productor a través del programa AMTEC implementando y adoptando nuevas prácticas agrícolas en torno al manejo sostenible del agua, que han logrado incrementar la productividad y la reducción de los costos de producción, y a su vez, haciendo que el agua se convierta no solo en un recurso más eficiente, sino que permita garantizar la sostenibilidad ambiental, económica y social del sector arrocero colombiano.

Prácticas en conjunto como la descompactación del suelo que ayudan a mejorar la infiltración del agua, la micronivelación del terreno que reduce las diferencias del microrelieve del lote, el uso de sistemas de nivelación láser para el diseño del riego con mayor eficiencia y precisión y la construcción de caballones con taipa que además de mejorar la distribución del agua reducen la



altura de la lámina de agua en el lote, todo esto contribuye a mejorar la eficiencia del uso del agua en el cultivo

AMTEC (Programa de Adopción Masiva de Tecnología) y la reducción de la huella hídrica

Durante el 2013 y 2014 Fedearroz – Fondo Nacional Del Arroz y la Alianza Bioversity Internacional-CIAT , lograron evaluar el balance hídrico del cultivo bajo el programa AMTEC y compararlo con el manejo tradicional (sin el uso de las prácticas mencionadas) y los resultados arrojaron una reducción del 42% en el uso del agua y una disminución de las pérdidas por percolación y drenaje superficial hasta en un 20 y 27%, respectivamente. Lo cual refleja que las prácticas ya mencionadas de AMTEC tiene un efecto importante en la disminución del uso del agua en el cultivo del arroz.

Con relación a la huella hídrica, el programa AMTEC logró reducir la huella azul hasta en un 45,3% pasando de 775 a 424 m³/ton y la huella gris hasta en un 48,9% pasando de 1048 a 535 m³/ton, totalizando una huella hídrica en AMTEC de 1.327 m³/ton y en manejo tradicional 2.164 m³/ton, lo que quiere decir que bajo el programa AMTEC se logró producir más arroz con 38,7% menos agua. Sin duda estas cifras ratifican el efecto positivo que tiene las distintas prácticas del programa AMTEC sobre el manejo sostenible y el uso racional del agua en el cultivo del arroz en Colombia.

Implementación del sistema MIRI

Gracias al continuo trabajo de Investigación y Transferencia de Tecnología, Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz mantiene ofreciendo a los productores arroceros nuevas herramientas para lograr una mayor optimización del recurso hídrico, una de estas es la implementación del sistema de riego de precisión MIRI (*Multiple Inlet Rice Irrigation*) que significa Riego en Arroz por Múltiples



Entradas, el cual es un sistema de conducción y distribución de agua de riego por múltiples entradas a través de Mangueras y ventanas en procura de reducir el uso del agua y aumentando la eficiencia operacional del riego. Este sistema fue introducido por Fedearroz en el 2017 y la investigación permitió desarrollar una técnica para su fácil implementación en distintas condiciones de fincas arroceras del país.

MIRI también puede ser considerado como un sistema de riego dirigido, irrigando de manera independiente áreas del lote con ambientes de menor retención de humedad o áreas donde operacionalmente el riego es deficiente o tarda en llegar teniendo la oportunidad dentro de la implementación en la agricultura por ambiente.

La adopción de este sistema viene en aumento desde que se introdujo en Colombia, pasando de 18,8 ha en el 2017 a 4.437,2 ha en el 2021 y entre el 2020 y 2021 se logró un incremento del 160%. Lo que demuestra que el sistema MIRI se ha convertido en una importante alternativa para el manejo eficiente del agua en el cultivo del arroz.

Monitoreo hídrico

Buscando identificar zonas del lote con mayor y menor retención de humedad, el monitoreo hídrico se convierte en una estrategia importante al momento de realizar un diagnóstico del cultivo del arroz, esto debido a la alta variabilidad espacial y temporal del agua en el suelo, por lo tanto, la respuesta del cultivo de arroz es diferente. Razón por la cual, la asistencia técnica del programa AMTEC se vienen construyendo mapas de humedad con dispositivos portátiles TDR (técnica de reflectometría de dominio en el tiempo) que les permite priorizar áreas de difícil acceso al riego y de esta forma se pueda conducir el agua de forma dirigida a través del sistema MIRI.



El monitoreo del agua que ingresa a los predios y fincas arroceras es una de las prácticas de gestión del recurso hídrico que contribuyen al manejo sostenible del agua, ya que permite conocer el estatus hídrico de las fincas y la cuantificación del uso del agua para la toma de decisiones de manejo del cultivo.


Para los monitoreos hídricos Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz viene implementando dispositivos como sensores de profundidad como el eTape (A) y el Barodiver (B), los cuales son instalados en canaletas en las entradas del agua o en secciones de canal de riego.

Sistema RTK

Por otro lado, se viene trabajando en la implementación de diseños de riego basado en la topografía del terreno con el uso de sistemas georreferenciados con señal RTK (Real Time Kinematic), el cual permite elaborar mapas de elevación digital en tiempo real y en base a estos, construir diseños de riego que incrementen la eficiencia en el riego a través de la construcción de caballones a curva de nivel con pendiente variable, lo cual ha logrado un ahorro significativo en el uso del agua, jornales y tiempo de riego .

AWD

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 (disminuir el 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 mojado y seco permite una mayor resiliencia de los



productores familiares a las variaciones climáticas y aunque ha sido ampliamente evaluada en Asia, aún las investigaciones robustas en buena parte de América Latina son escasas, las cuales se concentran principalmente en Brasil (Moterle et al., 2013; Zschornack et al., 2016). Varios científicos, han estimado que al año 2025, 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.

Aprendiendo de la experiencia en diversos lugares de Asia donde la tecnología no ha sido implementada debido a que hay factores muy específicos a considerar como los mencionados anteriormente, en Colombia se están desarrollando mapas agroclimáticos óptimos para la aplicación AWD, lo cual ampliará el desarrollo del componente espacial indicando las zonas agroclimáticas con condiciones idóneas para la aplicación del sistema (Cadena 2016); post-proyecto se espera que en los demás países se pueda generar un enfoque que facilite la incorporación de esta tecnología con las experiencias generadas a lo largo de este proyecto.

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 pequeños productores en Colombia, Perú y Chile.





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.





Metodología

1. TERRITORIOS DE INTERVENCIÓN

El plan técnico y de comunicación se implementará en las localidades en que se desarrolla el proyecto y de potencial impacto, en los municipios de Saldaña, Purificación, Prado y/o Guamo (Colombia), Parral y Retiro (Chile), Ferreñafe (Perú).


PERIODO DE EJECUCIÓN

El periodo de ejecución corresponde a los meses de vigencia del proyecto en los países miembros, en las localidades seleccionadas en el proyecto y/o municipios de influencia.

- Países beneficiados: Colombia, Chile, Perú
- Fecha de inicio del proyecto: junio de 2018
- Fecha prevista de finalización del proyecto: Junio de 2022
- Duración del proyecto: 48 meses

2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

2.1 ENSAYOS BIOFÍSICOS



En general, los ensayos de investigación del proyecto consistieron en la evaluación del efecto de tres regímenes de manejo del agua de riego (convencional, AWD1 y AWD2) sobre el consumo de agua, el rendimiento y la emisión de gases de efecto invernadero. Colombia realizó cuatro ciclos de ensayos, mientras que Perú y Chile realizaron dos cada uno.

2.1.1 Diseño experimental:

El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar con cuatro réplicas y un área de 1600 metros cuadrados. Los tratamientos aplicados involucraron el manejo del recurso hídrico (riego convencional y alterno-AWD 1 y 2). La cantidad de nitrógeno utilizada fue de 180-200kg ha⁻¹ durante los ciclos de evaluación, en la variedad FEDEARROZ 67.

La descripción de los tratamientos de riego es la siguiente:

- Control: Riego convencional – inundado
- AWD1: Nivel del agua a 5 cm del subsuelo
- AWD2: Nivel del agua a 10 cm del subsuelo

En Perú, el ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Vista Florida del Instituto Nacional de Innovación Agraria, INIA, con coordenadas 79°46´49" longitud Oeste y 6°43´34" latitud Sur a 30 m.s.n.m del Distrito de Picsi, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque; en el lote 5-2. El suelo donde se instaló el experimento era de clase textural arcillosa pH 7.56, materia orgánica media (1,78%), contenido de fósforo alto (17.9 ppm) y contenido de potasio alto (425 ppm).

Los tratamientos fueron:

- T1 = Riego de Inundación + 1 periodo de ahorro de agua de 5 días sin inundación durante el periodo del cultivo
- T2= Riego de Inundación + 1 periodo de ahorro de agua de 10 días sin inundación durante el periodo del cultivo



- T3= Riego de Inundación continua durante el desarrollo del cultivo

Para el ensayo realizado en el año 3, los tratamientos AWD fueron aplicados teniendo en cuenta el valor de los piezómetros. 5 cm de profundidad para AWD1 y 10 cm de profundidad para AWD2.

El diseño correspondió a bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Sin embargo, debido a problemas en el manejo de agua, una repetición se eliminó y el experimento se analizó con base en tres repeticiones.

En Chile, el ensayo se realizó en el Campo Experimental Francisco Jiménez, ubicado en la Región del Maule. La variedad usada en el experimento corresponde a Zafiro-INIA. La siembra se realizó el 17 de octubre, en dos sistemas de siembra: 1) Al voleo con semilla pre-germinada y 2) Siembra directa (con un tractor pequeño). La fertilización se realizó de acuerdo con el análisis de suelo.

2.1.2 Medición del agua utilizada:

En los tres países y durante todos los ciclos de ensayos (4 en Colombia y 2 en Perú y Chile) se contó con canaletas y estructuras aforadoras que permitieron registrar el caudal de agua empleado en cada riego y para cada tratamiento, para la realización de los cálculos posteriores y la estimación del consumo de agua de riego en cada uno de los tres tratamientos evaluados.

De igual forma, en cada estación experimental se contó con el registro de la información meteorológica para disponer del dato de cantidad de precipitación recibida por los ensayos en cada ciclo. De esta manera, la suma del caudal de agua utilizado y la cantidad de precipitación recibida constituye el total de agua utilizada en cada ensayo de investigación.




2.1.3 Estimación del rendimiento de grano:

En cada parcela de los diferentes ensayos se estimó el rendimiento de grano promedio a partir el área cosechada en cada unidad experimental. En el momento del pesaje de las muestras, se registró la correspondiente humedad de grano y los resultados fueron expresados como arroz paddy seco (14% de humedad).

2.1.4 Mediciones y análisis de Gases de Efecto Invernadero.

Los muestreos de gases se realizaron utilizando con la metodología común para los tres países participantes del proyecto, al menos una vez por semana. Cada vez que se realiza algún manejo agronómico (control de malezas y parcialización del nitrógeno), se realizó mediciones, un día antes y tres días después de cada fertilización y cuando se cumplen los criterios de los tratamientos AWD1 y AWD2 (niveles de agua) y semanalmente después de cada evento utilizando el método de la cámara cerrada estática (Bayer et al., 2014).

Cada cámara consistía en una base y una parte superior de poliestireno con un volumen de 250 litros aproximadamente (Arenas, 2015). Las bases se introdujeron 0.05 m en el suelo antes de las inundaciones permanentes y alternas, se dejaron en el suelo durante todo ciclo del cultivo. Cada base tenía un fondo abierto y canales (orificios) en los lados para facilitar el flujo libre de agua de riego en la temporada de arroz. Cada base cubría tres plantas de arroz. Se consideró el volumen de la cámara al estimar todas las emisiones de GEI. Cada parte superior de la cámara tenía un puerto de muestreo, un termómetro de acero inoxidable y un ventilador con batería para circular y homogeneizar el aire dentro de la cámara (Bayer et al., 2014). El cierre de la cámara y el muestreo de gas inicial comenzaron a las 8:00 a.m., seguido de cinco muestreos de aire a intervalos de 15 minutos (Bayer et al., 2014). Se extrajeron muestras de gas con jeringas de polipropileno, transferidas a los viales al vacío de 10 ml de capacidad y analizadas en el laboratorio



de Gases de Efecto invernadero en CIAT para analizar CH₄ y N₂O en un cromatógrafo de gases (GC-2014 Shimadzu) equipado con detectores de ionización de llama y captura de electrones.

2.2 VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

2.2.1 CHILE

En Chile, las parcelas demostrativas 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.

2.2.2 PERÚ

En Perú, las parcelas demostrativas fueron manejadas igualmente 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 el rendimiento no se vio afectado de manera significativa, en las parcelas experimentales, previamente realizadas.



2.2.3 COLOMBIA

Los ensayos 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. A continuación, se detalla la información de cada uno de los diferentes ensayos.

2.3 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

2.3.1 CHILE

La determinación de la muestra probabilística se realizó considerando un universo de 1.439 productores de arroz. Asumiendo un nivel de confianza de 95% y un error de aproximadamente 6,5%, el tamaño de la muestra correspondió a 200 productores de arroz.

El muestreo fue de tipo aleatorio estratificado, considerando una estratificación de acuerdo a zonas geográficas denominadas Sector Norte, Sector Centro y Sector Sur. El sector norte incluyó a las comunas de Linares, Retiro y Longaví. El sector centro estuvo representado por la comuna de Parral y el sector sur comprendió a las comunas de San Carlos y Ñiquén. Además, se consideró la estratificación por tamaño de la explotación, generando tres tipos de productores de arroz: Pequeño productor cuya explotación es de menos de 10 ha, Productor mediano con una explotación desde 10 a 50 ha y Productor grande con explotación mayor a 50 ha. Se consideró afijación proporcional.



La colección de información se realizó mediante la aplicación de una encuesta (N=173), lo que permitió obtener la información relevante de las variables consideradas en el estudio

2.3.2 PERÚ

Los objetivos de la investigación consistieron en estimar los costos de producción del arroz y las implicancias económicas del uso del agua en la producción de arroz en la provincia de Ferreñafe, del Departamento de Lambayeque. Para esa finalidad se obtuvo los registros de la población de productores de arroz de la zona de estudio, que se constituyen de 4,625 pobladores de la Comisión de usuarios de riego de Ferreñafe, la muestra resultó de 254 productores, utilizando un muestreo estratificado con distribución proporcional y con un error de 65 ha.

Se acordó desarrollar esta parte del estudio a través de una tesis de pregrado de economía. (Anexo 02)

Para el desarrollo del proyecto de investigación de tesis de pregrado de economía, se guió la elaboración del proyecto de investigación de tesis titulado “Impacto de los recursos productivos y del agua en la economía de los productores de arroz, provincia de Ferreñafe, Lambayeque”.

2.3.3 COLOMBIA

Se realizaron 63 Encuestas de las 66 UPAs seleccionadas para Caracterización socioeconómica del cultivo del arroz en la zona de influencia del municipio de Saldaña y estudio de impacto del proyecto en tres fincas arroceras, en el marco de la implementación del proyecto de cooperación técnica “Más arroz con menos emisiones y menor consumo de agua”. De los datos obtenidos se



realizaron análisis estadísticos y descripción de los resultados de acuerdo con la información obtenida.

Se desarrollaron las 3 encuestas de las fincas seleccionadas para el Análisis de impacto de la implementación del proyecto de cooperación técnica “Más arroz con menos emisiones y menor consumo de agua” en tres fincas arroceras. (Ver Anexo 9).

Indagación documental:

Se desarrollo la indagación de información en fuentes secundarias en dos momentos como se describe a continuación:

Primer Momento: Revisión documental zona de influencia Usosaldaña

El objetivo principal de este documento es presentar algunas características del distrito de riego de Usosaldaña (Distrito de Adecuación de Tierras de Gran Escala del Rio Saldaña), así como delimitar su zona de influencia y los municipios que lo abarcan. Lo anterior es de vital importancia, ya que permite establecer, a grandes rasgos, la realidad demográfica, social y económica de los habitantes del área de influencia del distrito de riego, especialmente sus usuarios. (Ver Anexo 10).

Segundo Momento: Compromisos ambientales Colombia

En el marco del convenio de cooperación técnica “Más arroz con menos emisiones y menor consumo de agua”, es importante profundizar el contexto de compromisos ambientales que tiene Colombia, país en donde se desarrolla parte de dicho proyecto. Específicamente es relevante revisar lo relacionado con las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, su relevancia para el país y su cuantificación



2.4 SIMULACIÓN DE GASES

La validación del modelo DNDC- Rice, se llevó a cabo con la adición de toda la información registrada durante dos ciclos de ensayos de arroz que se desarrollaron en el Centro Experimental Las Lagunas, en Saldaña-Colombia. En los ensayos fue utilizada la variedad Fedearroz 67 y fueron evaluados tres tratamientos de riego: Convencional (inundación), El secado y humectación alternativos (sigla en inglés: AWD) bajo dos niveles: 5 cm y 10 cm de profundidad de la lámina de agua bajo el manejo tradicional de la región.

La información registrada de biomasa, rendimientos, condiciones climáticas (temperatura, radiación solar, humedad y precipitación), lámina de agua, características del suelo y manejo agronómico (nutrición, tipo de fertilizantes, número de riego y eventos de fertilización) fueron utilizadas como inputs para realizar la validación del modelo

2.5 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

A continuación, se describen las actividades planteadas en este componente:

Actividad P.4.1 Plan estratégico de desarrollo del proyecto: Discusión y diseño de las estrategias para el desarrollo del proyecto

Actividad P.4.2. Agricultores capacitados en las tecnologías: Realización de eventos de transferencia: días de campo y/o eventos de socialización participativa

Actividad P.4.3. Información disponible en base de datos: Recopilación de la información producida en el proyecto en base de datos.



Actividad P.4.4. Material de difusión de la tecnología AWD. Generación de al menos un (2) comunicado-informativo del avance del proyecto en cada país que dé cuenta de la actividad de transferencia de tecnología durante el proyecto (cartillas, libros, folletos).

Resultados y Discusión

El proyecto se desarrolló en 3 localidades buscando validar la tecnología AWD posteriormente a un ensayo biofísico durante varias campañas arroceras.

Como referente es importante conocer las regiones de implementación, en Perú se trabajó en la Provincia de Ferreñafe en donde se cuenta con alrededor de 2.500 agricultores que siembran alrededor de 43.294 has y que en su mayoría son pequeños agricultores.

En Chile en las provincias de Linares, Longaví, Parral y Retiro donde siembran 1.439 agricultores más de 20.000 has, siendo principalmente (72%) pequeños agricultores.

En Colombia se pretendió impactar con el proyecto la zona Centro específicamente los departamentos de Saldaña y Purificación en donde se cuenta con más de 1.400 agricultores que siembran 10.834 has, siendo principalmente medianos agricultores.

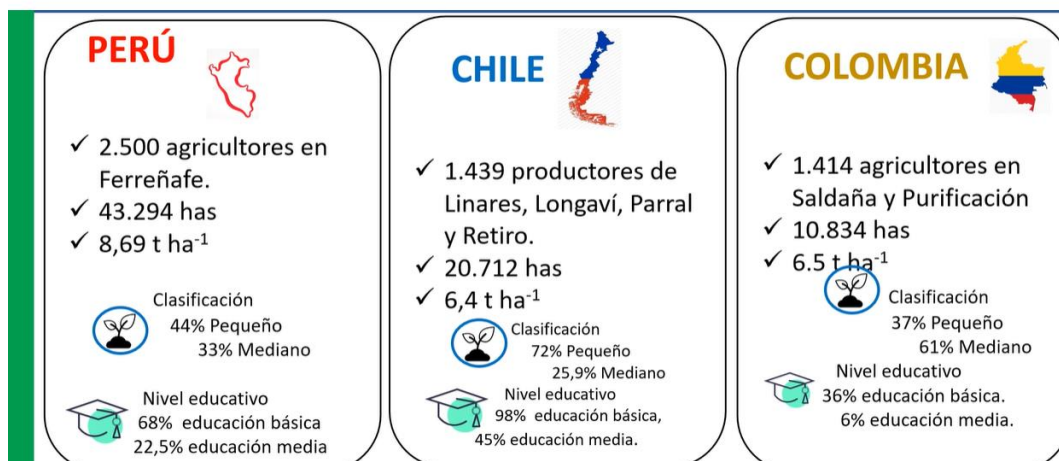


Figura 1. Caracterización de las regiones donde se implementó el proyecto



Para establecer el posible impacto de la adopción de una tecnología como AWD es importante establecer bases de consumo del recurso hídrico para de esta forma establecer la reducción presentada aplicando la tecnología.

En el caso de Perú se ha llegado a consumos por encima de los 20.000 m³ / ha al igual que en Chile en el sistema de siembra pregerminado y al igual que en Colombia.

El menor consumo lo presenta el sistema de siembra directa en Chile con 15.000 m³.

Una vez se realizaron las evaluaciones y teniendo en cuenta los controles donde se realizó el riego convencional se encontró se presentaron diferencias en la reducción en el uso de agua respecto al testigo, para el caso de Colombia se contó con reducciones entre el 18% y el 42%, en Chile entre el 3.5% y 28.9% y en Perú entre 15% y 23%.

En cuanto a GEI, hay resultados disímiles entre los países, tratamientos y ciclos de evaluación. Para Colombia, se presentaron reducciones entre 68% y 99% de los flujos netos acumulados de CH₄ y de 3 % a 100% en los flujos netos acumulados de N₂O; Chile presentó disminución de metano entre un 16% y 37% y entre un 8% a 26% en N₂O. Para el caso de Perú, se obtuvo una reducción de metano de 37,8% hasta en un 93% e incremento en la emisión de N₂O.

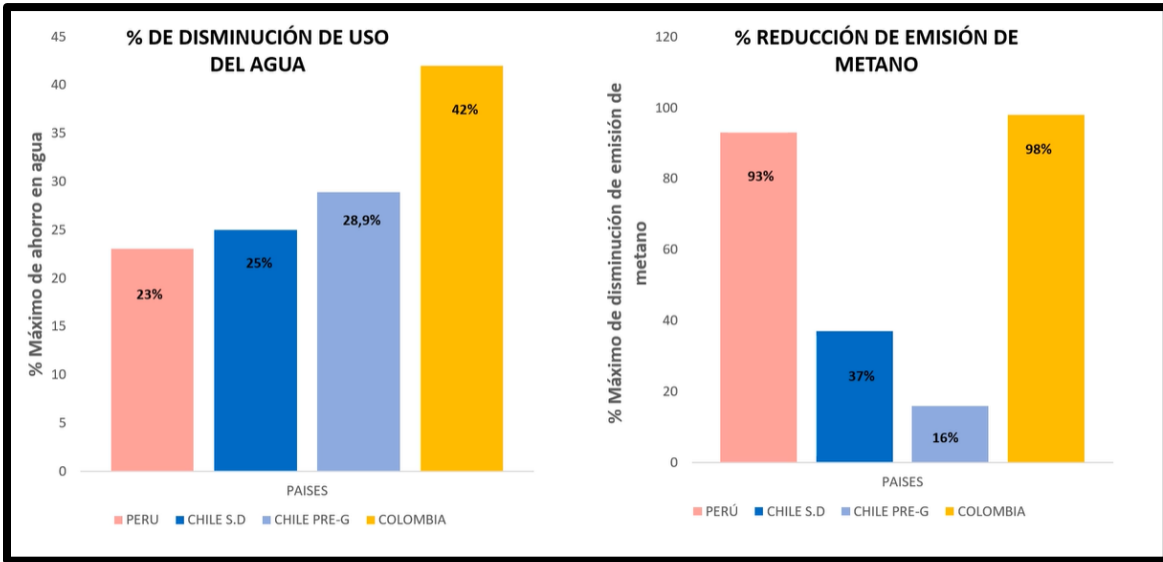


Figura 2. Resultados de los ensayos experimentales en las 3 localidades evaluadas

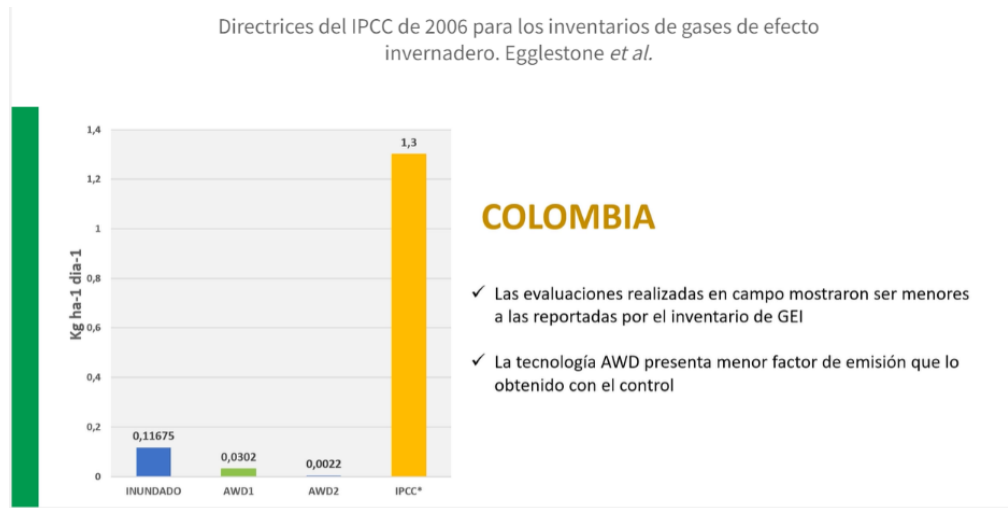


Figura 3. Emisiones de metano en unidades de CO2 equivalentes

Se ha evidenciado en términos generales, que el rendimiento se mantiene estable en los ensayos llevados a cabo aplicando la tecnología AWD con respecto al testigo, donde no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

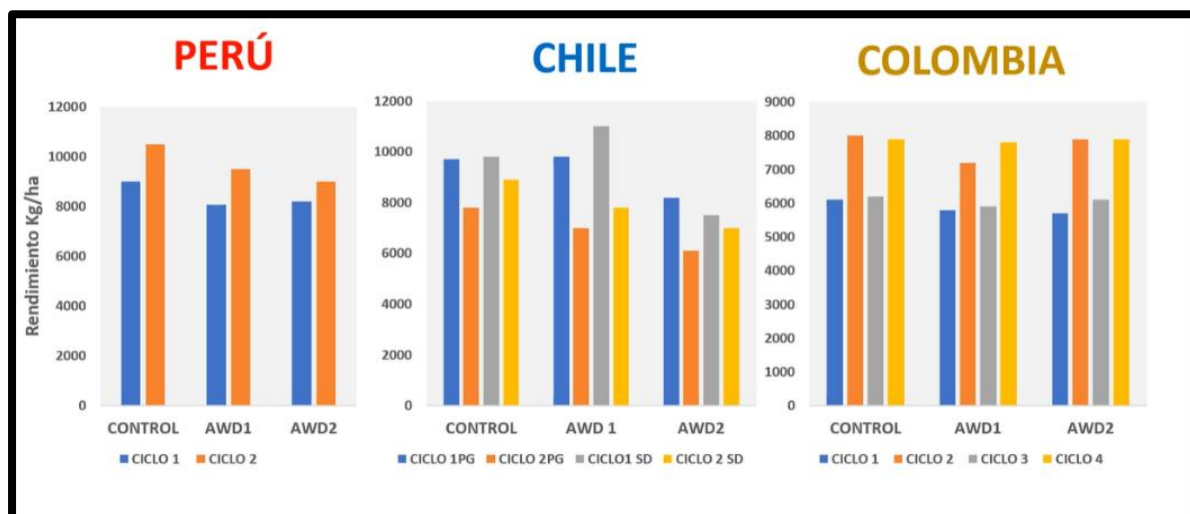


Figura 4. Rendimiento de los ensayos bajo la implementación de la tecnología AWD vs control

El cultivo del arroz tiene características morfofisiológicas que le permiten crecer bajo condiciones de hipoxia o anoxia. Sin embargo, no necesariamente esta condición es la mejor para su crecimiento y productividad. Algunos autores plantean el beneficio del riego intermitente a lo largo del ciclo, sobre el crecimiento y la producción del arroz, ya que permite que existan condiciones de aireación en ciertos momentos críticos del cultivo: Yamauchi *et al* (1993) reportan un mejor crecimiento radical y emergencia de hojas bajo condiciones de suelos aireados; Tajima (1995), citado por Lu (2000), reporta un mayor crecimiento radical cuando se manejó el riego intermitente durante la fase vegetativa del arroz y, a partir de allí, condiciones de inundación. Ese mayor crecimiento radical retrasó la senescencia de la hoja durante el llenado de grano. De igual




forma, bajo condiciones de inundación también se reporta la producción de ciertos compuestos fenólicos que podrían reducir la disponibilidad de nutrientes para el cultivo (Unger *et al*, 2010). Se han reportado resultados disímiles en cuanto a productividad comparando el sistema AWD con la inundación permanente, haciendo énfasis en la importancia de las condiciones propias de cada sitio de evaluación (Kumar y Rajitha, 2021) y la intensidad del tratamiento AWD aplicado. Los tratamientos AWD favorecen la condición de aireación de suelo, lo cual tiene impacto positivo en el cultivo. Sin embargo, es importante tener en cuenta la respuesta particular y los requerimientos hídricos de cada genotipo a la condición de humedad de suelo. Para el proceso de implementación de la tecnología AWD en campos comerciales resulta de gran importancia la evaluación del efecto del riego intermitente sobre la dinámica de las malezas y el arroz rojo, ya que en regiones con alta presión podrían presentarse dificultades para la adopción de esta alternativa de manejo del riego.

El pico más alto de emisiones de metano (CH₄), se presentó en el tratamiento de control (riego convencional - inundado) comparado con los tratamientos de AWD que permiten disminuir la cantidad de agua utilizada en la producción de arroz y las emisiones de metano, esta observación es consecuente con los hallazgos realizados por (Prihasto, et.al. 2018) con amplia reducción del consumo de agua por unidad de área en Indonesia, así mismo (Amnat.,et.al., 2018) encontraron disminuciones hasta del 49% comparando los tratamientos de AWD con el permanente mente inundado en Tailandia.

En el tercer ciclo de evaluación en Colombia, se presentó un incremento en la emisión de metano en tratamientos de AWD, explicada por las condiciones de clima en cuanto a precipitación y temperatura para el periodo de evaluación. Lo anterior es similar a lo observado por (Aung., et.al., 2018), quienes observaron picos de emisión de metano en diferentes estados de desarrollo de la etapa vegetativa del cultivo, que incrementaron los valores de la tasa de emisión de metano durante el ciclo de cultivo en la India.

En cuanto a los resultados de emisión de óxido nitroso, la diferencia entre tratamientos se debe a la



variabilidad y dispersión de las emisiones. No se evidencia un efecto de los cuatro y cinco fraccionamientos de la fertilización nitrogenada para el primer y segundo ciclo respecto a los flujos diarios de óxido nitroso entre los tratamientos (Datos no mostrados), esto comportamiento puede estar asociado (Bouwman, 1991) al porcentaje de macroporos en el área de establecimiento del ensayo el cual está entre 8 y 28% donde el agua, nutrientes, aire y gases pueden circular, además de la textura del suelo, (franco arenoso) predominante en el sitio de estudio. Nuestros resultados son consistentes con los de Zou et al. (2007) y Liu et al. (2010) quienes no encontraron relación entre las emisiones de N₂O y el fertilizante nitrogenado aplicado durante la inundación cultivo de arroz, ni siquiera con cantidades mayores de nitrógeno.

En términos comparativos, se evidencia que las emisiones para los tratamientos AWD se encuentran por debajo del valor reportado en la tercera comunicación nacional de cambio climático de Colombia.

El metano se genera en condiciones anaeróbica, es por esto que una lámina constante de agua ayudaría a generar estas condiciones, emitiendo más gas cuando esto ocurra.

De acuerdo con Peyron, M., et.al. 2016. las emisiones de metano son mayores durante las etapas de inundación, por lo que es concordante una mayor cantidad de emisiones de metano en el tratamiento de inundación permanente; además, cabe señalar que el estudio realizado en Italia muestra los picos más altos de emisiones en el tratamiento continuamente inundado, al igual que en el presente proyecto, donde, en conjunto, los flujos de este tratamiento son más altos que los otros dos tratamientos. También se puede observar (según la Imagen 1 extraída del paper mencionado anteriormente y mostrado en el presente documento) que el nivel de emisión de metano para la continua inundación es menor comparado con estudios realizados en diferentes países, pues tenemos un flujo de 0.04 Mg CO₂eq/ha, mientras que el valor más bajo en otros estudios es de 2.7 Mg CO₂eq/ha, proyecto realizado en Vietnam.

En el anexo 1, las mediciones de metano de acuerdo con diferentes referencias que reafirman los resultados obtenidos en los experimentos en los tres países, A. Meijide, et al., 2016 también concuerda con que las mayores emisiones de CH₄ ocurren con una mayor cantidad de agua utilizada, es decir, un mejor manejo de agua ayudaría a reducir las emisiones de metano.

Peyron, también muestra en los resultados de su estudio las mayores emisiones de N₂O durante las etapas secas o sin inundación, esto va acorde con el presente proyecto, puesto que las mayores emisiones de N₂O se muestran en el T2, pues presenta más días de secado. Meijide, et.al. indica que condiciones aerobias favorecen la emisión de N₂O, lo cual fue demostrado en su experimento, lo que conlleva a afirmar



las mayores emisiones de este gas en días secos.

Es conocido que el metano se genera en condiciones anaeróbica, por lo tanto, una lámina constante de agua podría favorecer estas condiciones, emitiendo más gas cuando esto ocurra. A inicios de la etapa de maduración se observó para los tres tratamientos una disminución del flujo promedio, esto probablemente se debe a la baja tasa de fotosíntesis por el inicio del desarrollo del grano y disminución del carbono orgánico disponible en el suelo que no es liberado por las raíces.

El óxido nitroso depende mucho de las reacciones ocurridas en el suelo: nitrificación y desnitrificación, además de la disponibilidad de este nutriente; usualmente se realizan fertilizaciones en los cultivos de arroz que aumenta la disponibilidad del N₂ para ser aprovechado por la planta, pero en condiciones aerobias, las reacciones ya mencionadas forman N₂O, gas que es emitido hacia la atmósfera y tiene un potencial de calentamiento global equivalente a 296.

Las fluctuaciones de emisiones se podrían explicar por un lado el incremento de las emisiones sería debido a la influencia de fertilizantes nitrógenos en riegos no inundados, debido a una mayor disponibilidad de O₂ para la producción de N₂O y por otro lado la disminución de las emisiones sería debido al consumo de N por el cultivo y pérdidas incluso en los suelos aireados en las últimas etapas fenológicas.

El comportamiento del CO₂ se puede explicar debido a que las emisiones negativas indican la absorción neta de CO₂ que representa el balance de la fotosíntesis y respiración del suelo, y las emisiones positivas representan liberación neta de CO₂ como respiración del ecosistema. La variabilidad de las emisiones probablemente es debido a los procesos de fotosíntesis y respiración se caracterizan por poseer una alta variabilidad espacial, lo que plantea un problema común cuando se trata de cuantificar las emisiones de GEI de los suelos.

Según (Wachinger G., et. al., 2000), el curso temporal de las tasas de producción de CH₄ depende de varios factores como, el nivel freático del horizonte del suelo y del tipo de suelo. Sin embargo, las cantidades absolutas de producción de CH₄ difirieren en gran medida entre las diferentes estructuras de cada tipo de suelo.



Aunque en algunos casos el óxido nitroso disminuyó en su emisión bajo los tratamientos propuestos, es importante considerar que, la formación de N₂O en el suelo se produce principalmente a través de procesos de nitrificación y desnitrificación, que están influenciados por la humedad del suelo, la temperatura, la concentración de oxígeno, la cantidad de carbono orgánico y nitrógeno disponible y la relación C / N del suelo. Entre estos factores, los relacionados con el suelo podrían ser fácilmente alterados por las prácticas de manejo. Por lo tanto, comprender los procesos de formación de N₂O en los suelos y los factores que influyen en estas emisiones es fundamental para desarrollar estrategias eficientes para reducir las emisiones de N₂O en los suelos agrícolas (Signor., et.al. 2013).

Posteriormente a los ensayos biofísicos se estableció el tratamiento AWD 1 (consistió en reponer el agua de riego cuando la lámina de agua alcanzara 5 cm de profundidad en el perfil de suelo) como el seleccionado para continuar con los demostrativos de la tecnología en lotes de agricultores. Se establecieron 9 parcelas demostrativas de validación, en cerca de 14 has donde se realizó difusión de la tecnología AWD, para agricultores y otros actores del sector arrocero de los tres países.

Perú

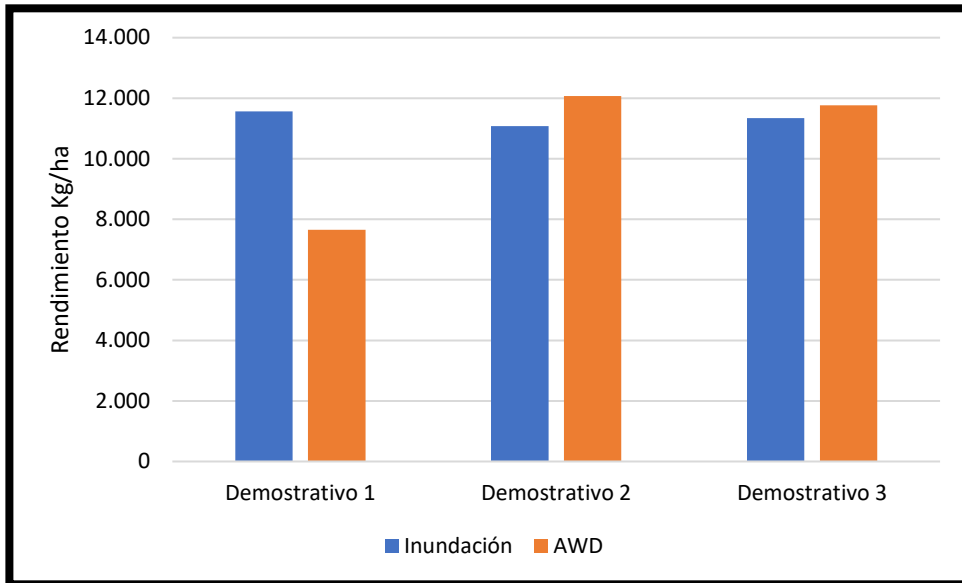


Figura 4. Rendimiento de los ensayos bajo la implementación de la tecnología AWD vs control

Chile

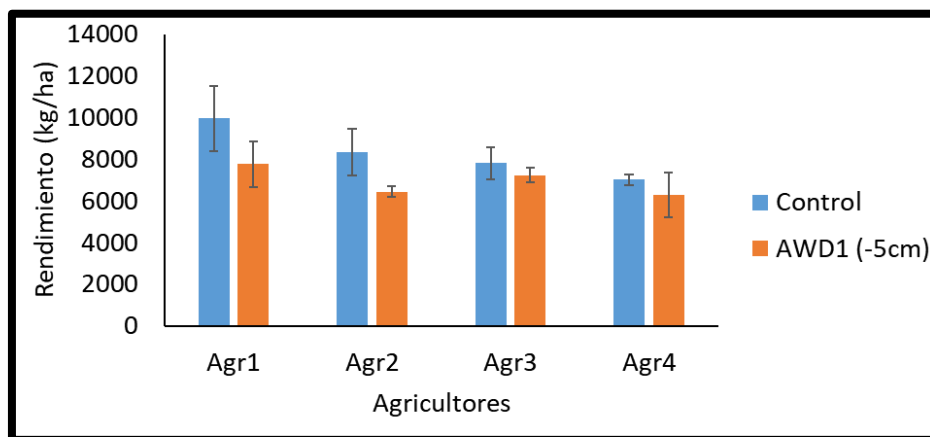


Figura 5. Rendimiento en grano en las parcelas demostrativas.

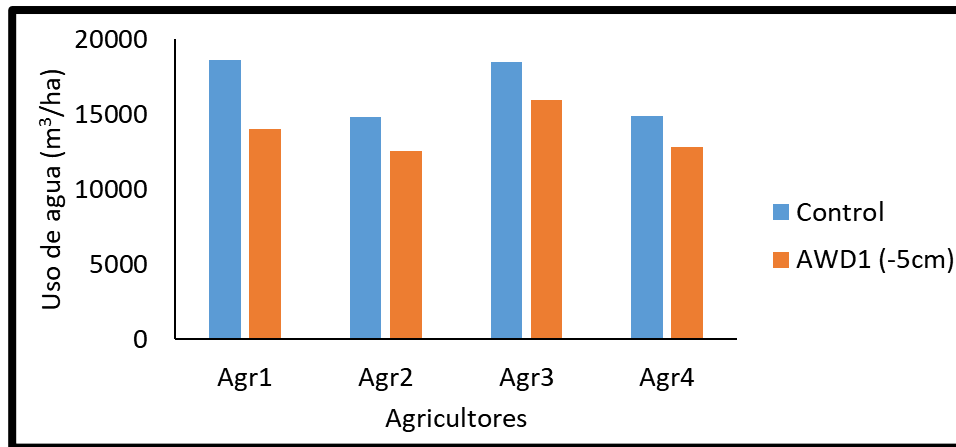


Figura 6. Uso de agua en las parcelas demostrativas.

Colombia

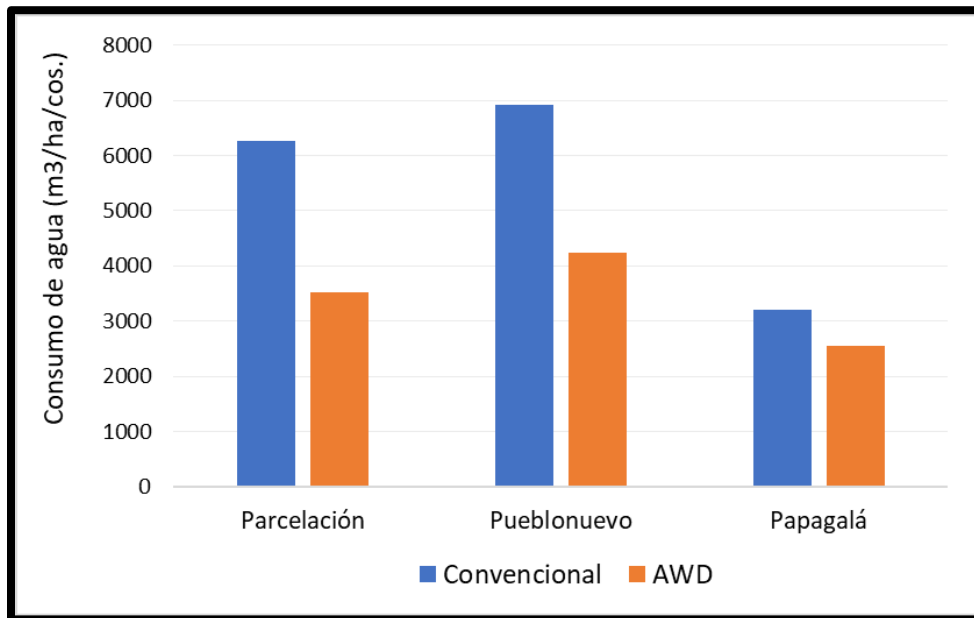


Figura 7. Consumo de agua en el cultivo del arroz bajo dos tratamientos de riego.

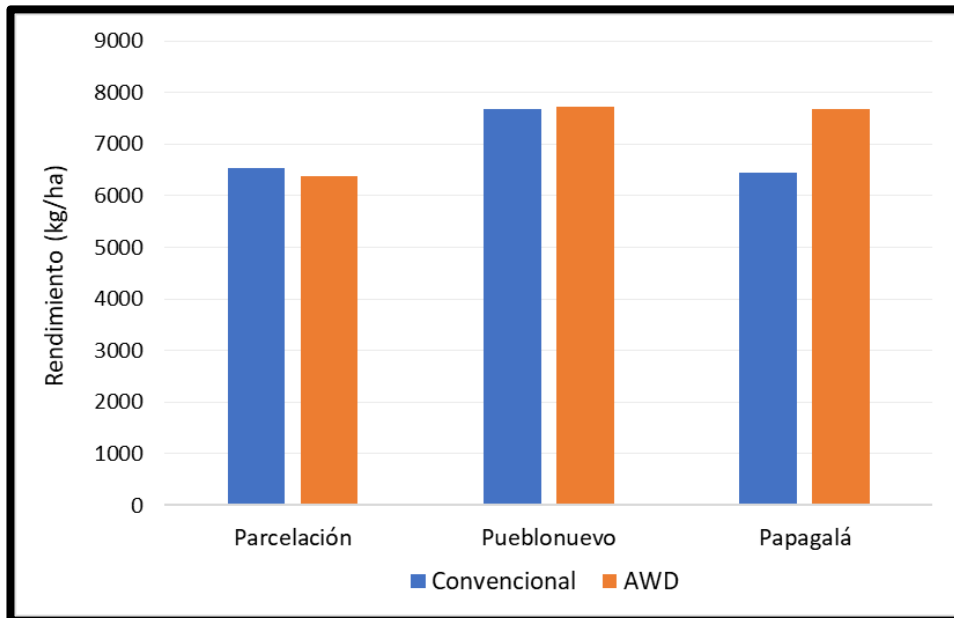


Figura 8. Rendimiento de grano del cultivo del arroz bajo dos tratamientos de riego.

Una vez finalizados los análisis de los ensayos experimentales y los demostrativos se pudo realizar una evaluación post proyecto en donde mediante una encuesta semiestructurada se pudo reunir información acerca de la percepción de los agricultores sobre la adopción de la tecnología y su impacto en las labores del cultivo referidas al manejo del recurso hídrico.

Dentro de las observaciones destacadas se pudo establecer que los agricultore participantes en el proyecto atribuyeron a la tecnología una reducción en el consumo de agua incluso hasta del 40% lo cual no afecto los rendimientos promedios obtenidos.

También para el caso de Colombia se podría llegar a una reducción en el costo de las tarifas volumétricas de hasta el 40% teniendo en cuenta los importantes ahorros de agua presentados, adicionalmente otro aspecto que permitiría reducir costos en el rubro de riego en el cultivo sería la disminución de hasta un 50% en costos operativos ya que se evidencia una eficiencia en tiempo y esfuerzo laboral por lo que se necesitaría menos personal dedicado a la labor.



Figura 9. Impacto que tendría la adopción de la tecnología

Finalmente, a lo largo del proyecto se realizaron diferentes eventos de transferencia para dar a conocer la importancia de aplicar tecnologías que permitan reducir el consumo de agua sin afectar los rendimientos y contribuyendo significativamente a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. En total se realizaron 20 eventos con 1.769 participantes.



Adicionalmente se realizaron 4 publicaciones en medios de difusión y está en proceso el sometimiento de un artículo en revista indexada de los resultados del proyecto.

Indicadores Técnicos

Consumo de agua:

País	Ciclo	Sistema	Tratamiento	Consumo agua (m ³ /ha/cos)	Reducción (%)
Colombia	1	Surcos	Testigo	9260	
Colombia	1	Surcos	AWD1	6216	18,95
Colombia	1	Surcos	AWD2	4648	28,71
Colombia	2	Surcos	Testigo	12122	
Colombia	2	Surcos	AWD1	7977	29,03
Colombia	2	Surcos	AWD2	7890	29,63
Colombia	3	Surcos	Testigo	11557	
Colombia	3	Surcos	AWD1	7766	29,07
Colombia	3	Surcos	AWD2	9343	16,98
Colombia	4	Surcos	Testigo	16559	
Colombia	4	Surcos	AWD1	8241	37,82
Colombia	4	Surcos	AWD2	7234	42,39
Perú	1	Trasplante	Testigo	9966	
Perú	1	Trasplante	AWD1	8417	15,54
Perú	1	Trasplante	AWD2	7653	23,21
Perú	2	Trasplante	Testigo	17570	
Perú	2	Trasplante	AWD1	14464	17,68
Perú	2	Trasplante	AWD2	14584	16,99
Chile	1	S.Directa (I)	Testigo	13155	
Chile	1		AWD1	12698	3,47

Chile	1		AWD2	11191	14,93
Chile	1	Pre-G. (I)	Testigo	19138	
Chile	1		AWD1	16753	12,46
Chile	1		AWD2	14938	21,95
Chile	2	S.Directa (II)	Testigo	13833	
Chile	2		AWD1	13184	4,69
Chile	2		AWD2	10368	25,05
Chile	2	Pre-G. (II)	Testigo	20987	
Chile	2		AWD1	16085	23,36
Chile	2		AWD2	14924	28,89

Rendimiento:

País	Ciclo	Sistema	Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
Colombia	1	Surcos	Testigo	6229
Colombia	1	Surcos	AWD1	5932
Colombia	1	Surcos	AWD2	5162
Colombia	2	Surcos	Testigo	8146
Colombia	2	Surcos	AWD1	7246
Colombia	2	Surcos	AWD2	7477
Colombia	3	Surcos	Testigo	6904
Colombia	3	Surcos	AWD1	5821

Colombia	3	Surcos	AWD2	6247
Colombia	4	Surcos	Testigo	7610
Colombia	4	Surcos	AWD1	7514
Colombia	4	Surcos	AWD2	7428
Perú	1	Trasplante	Testigo	9525
Perú	1	Trasplante	AWD1	8358
Perú	1	Trasplante	AWD2	8858
Perú	2	Trasplante	Testigo	10710
Perú	2	Trasplante	AWD1	9730
Perú	2	Trasplante	AWD2	8260
Chile	1	S.Directa	Testigo	9600
Chile	1	(I)	AWD1	11334
Chile	1		AWD2	7669
Chile	1	Pre-G. (I)	Testigo	9607
Chile	1		AWD1	9856
Chile	1		AWD2	8768

Emisión de gases de efecto invernadero:

País	Ciclo	Sistema	Tratamiento	Metano	Ox. nitroso
				(Kg ha ⁻¹ día ⁻¹)	
Colombia	1	Surcos	Testigo	0,17000	
Colombia	1	Surcos	AWD1	0,00780	
Colombia	1	Surcos	AWD2	0,00180	
Colombia	2	Surcos	Testigo	0,21000	
Colombia	2	Surcos	AWD1	0,06600	
Colombia	2	Surcos	AWD2	-0,03100	
Colombia	3	Surcos	Testigo	0,02000	
Colombia	3	Surcos	AWD1	0,02600	
Colombia	3	Surcos	AWD2	0,04400	
Colombia	4	Surcos	Testigo	0,06700	
Colombia	4	Surcos	AWD1	0,02100	
Colombia	4	Surcos	AWD2	-0,00600	
Perú	1	Trasplante	Testigo	0,05847	0,00799
Perú	1	Trasplante	AWD1	0,03739	0,07440
Perú	1	Trasplante	AWD2	0,00371	0,10003
Perú	2	Trasplante	Testigo		
Perú	2	Trasplante	AWD1		
Perú	2	Trasplante	AWD2		
País	Ciclo	Sistema	Tratamiento	Metano	Ox. nitroso
				(Equiv CO ₂ - kg/ha)	
Chile	1	S.Directa	Testigo	2978	1586
Chile	1	(I)	AWD1	4038	1319

Chile	1		AWD2	2699	1577
Chile	1	Pre-G. (I)	Testigo	4353	1280
Chile	1		AWD1	4742	941
Chile	1		AWD2	3620	1301
Chile	2	S.Directa (II)	Testigo	2406	1875
Chile	2		AWD1	1504	2484
Chile	2		AWD2	1352	1724
Chile	2	Pre-G. (II)	Testigo	10873	1531
Chile	2		AWD1	11882	1546
Chile	2		AWD2	11248	1601





Hallazgos Destacados

En términos generales, la aplicación del tratamiento de riego AWD1 (reposición del agua cuando se encuentra a 5 cm de profundidad en el perfil del suelo) no representó diferencias significativas de los rendimientos de cultivo en contraste con los tratamientos convencionales. De esta manera, este tratamiento se convierte en una alternativa viable para que los agricultores puedan alcanzar un ahorro importante en el uso del recurso hídrico sin ver afectada la productividad.

Por otro lado, el sistema de siembra directa representa una interesante alternativa para la producción de arroz en Chile, alcanzando reducciones significativas en el consumo de agua sin detrimento del rendimiento.

En cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, se observó una clara tendencia de reducción en las emisiones de metano con la implementación del sistema de manejo de agua AWD. En algunos casos, la tendencia también se observó para el óxido nitroso. De esta forma, la implementación del sistema AWD alcanza los objetivos de mayor eficiencia en el recurso hídrico, sin detrimento significativo de la productividad y con una importante reducción en la emisión de gases de efecto invernadero en el cultivo del arroz en nuestra región.

Los ensayos demostrativos para la validación de la tecnología permitieron trabajar de la mano



con el agricultor para orientarlos en la adopción del AWD, de esta manera se lograron campañas de arroz con buenos rendimientos en las 9 parcelas establecidas en las 3 localidades, permitiendo un ahorro en consumo de agua y más importante aún, la demostración al agricultor de la tecnología lo que a futuro llevará a la transferencia de la misma de la mano de la asistencia técnica.



Historias en el campo

Después de las actividades experimentales realizadas, fue posible percibir parte de las dificultades que viven los productores de alimentos en Latinoamérica: condiciones extremas de clima (mínimas o excesivas precipitaciones, temperaturas extremas, escasa disponibilidad de agua), baja disponibilidad de equipos y herramientas adecuadas, entre otras, además de las restricciones generadas por la pandemia.

Esta situación, permitió a los investigadores reconocer la importancia de tomar en cuenta todos estos elementos que afectan el proceso productivo de los agricultores, de manera que el proceso de transferencia de tecnología pueda ser más eficaz y que permita a los productores contar con soluciones que se adapten a sus necesidades y condiciones socioeconómicas y ambientales.

Después de la realización de los más de 20 eventos de transferencia donde se capacitó a las de 1.700 participantes, se observó una gran expectativa en lo que tiene que ver con los procesos que lleven a una segunda fase de este proyecto donde se pueda hacer más extensiva la participación de los agricultores para que puedan adoptar las tecnologías que están a su disposición. Existe la conciencia de la importancia de manejar con mayor eficiencia el recurso hídrico y de la responsabilidad que se tiene de desarrollar una actividad arrocera sostenible.





Conclusiones

La aplicación de los tratamientos AWD permitieron una reducción en el consumo de agua para la producción de arroz, que osciló entre el 3,5% y el 42.4% en las condiciones de evaluación de los tres países, en comparación con el manejo que tradicionalmente emplean los cultivadores del cereal.

Las prácticas asociadas a la tecnología AWD en el manejo del recurso hídrico, no presentaron reducción significativa del rendimiento en la mayoría de los ensayos del proyecto. En términos generales, AWD1 presentó mejores resultados que AWD2.

Se encontraron reducciones significativas de metano en la mayoría de los ensayos del proyecto, gracias a la aplicación de los tratamientos AWD. Los resultados de óxido nitroso presentaron una mayor variabilidad, de manera que en algunos ensayos se registraron reducciones en la emisión y en otros ensayos se presentaron incrementos, en los tratamientos AWD con respecto al testigo inundado.

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.

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

AWD demuestra ser una tecnología de manejo del riego que ahorra agua de manera muy eficaz en la producción de arroz en Latinoamérica. Sin embargo es muy importante contar con la voluntad de los diferentes sectores relacionados con el manejo y uso del recurso hídrico en los países, para la implementación de la tecnología entre la variable diversidad de los agricultores arroceros en la región; no solo compartiendo experiencias y generando conciencia, si no tal vez más importante, ayudando a los agricultores y administradores del recurso a modificar la gestión y la gobernanza en la distribución del recurso, en lo técnico, económico y social.

Es de vital importancia, diseminar los resultados de trabajos como este y similares, en generar cambios en la conciencia productiva de los agricultores y todos los actores relacionados con la producción de arroz en Latinoamérica, mediante herramientas que demuestren la bondad de la implementación de prácticas diferentes en la producción. Así como las consecuencias presentes y futuras de no implementar cambios que, aunque pequeños suman para beneficio de todas las comunidades.

Aumentar la participación de los agricultores en la investigación de AWD, mediante el uso de métodos participativos e interdisciplinarios, podría mejorar la adopción de estas técnicas u otras similares de ahorro de agua.



Referencias Bibliográficas

Bayer, C.; Costa, F.S.; Pedroso, G.M.; Zschornack, T.; Camargo, E. S., Lima, M. A.; Frigheto, R. T. S.; Gomes, J.; Marcolin, E.; Macedo, V. R. M. 2014. Yield-scaled greenhouse gas emissions from flood irrigated rice under long-term conventional tillage and no-till systems in a Humid Subtropical climate. *Field Crop Res.* 162, 60-69.

Bouwman, A. F. (1991). " Agronomic aspects of wetland rice cultivation and associated methane emissions". *Biogeochemistry*. Volumen (15) pp. 65, 88. 2025. SN - 1573-515X

Bouwman, B. A. M and Tuong, T.P., 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agric. Water Manage* 49,11–30.

Boateng, K.K.; Obeng, G.Y.; Mensah, E., 2017. Rice cultivation and greenhouse gas emissions: A review and conceptual framework with reference to Ghana. *Agriculture* /7. Doi:10.3390/agriculture7010007.

Cadena, D., 2016. Determinación de las áreas agroclimáticas idóneas para la aplicación del sistema de humedecimiento y secado alternativo en arroz en Colombia (Tesis de Pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Carrijo, D.R., Lundy, M. E, Linqvist, B.A., 2017. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Res.* 203,173–180.

FAO (2016) FAOSTAT Emissions Database, Agriculture, Rice Cultivation. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GR>.



González, M., Saldarriaga, G., & Jaramillo, O., 2010. Estimación de la demanda de agua. IDEAM, Estudio nacional de agua (pp. 170-228). Bogotá: IDEAM.

GRiSP (Global Rice Science Partnership). 2013. Rice almanac, 4th edition. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 283 p.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2016. Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, -DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

IPCC, 1996: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Trianton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs, and B.A. Callander (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Meteorological Office, Bracknell, United Kingdom

Kumar, A., Rajitha, G. 2019. Alternate Wetting and Drying (AWD) Irrigation - A Smart Water Saving Technology for Rice: A Review. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 8 (3): 2561-2571

Liu, S.; Qin, Y.; Zou, J.; Liu, Q. Effects of water regime during rice-growing season on annual direct N₂O emission in a paddy rice-winter wheat rotation system in a southeast China. *Sci Total Environ.* 2010, 408, 906-13.

Lu, J., Ookawa, T., Hirasawa, T. 2000. The effects of irrigation regimes on the water use, dry matter production and physiological responses of paddy rice. *Plant and Soil*, 223: 207–216.

Meijide, A., *et al.* 2016. Water management reduces greenhouse gas emissions in a Mediterranean rice paddy field, *Agric. Ecosyst. Environ.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.017>



Peyron, M., et.al. 2016. Greenhouse gas emissions as affected by different water management practices in temperate rice paddies. Italia.

Darío Fernando Pineda Suárez. AMTEC Promueve el manejo sostenible del agua en el cultivo del arroz en Colombia. Revista Arroz. FEDEARROZ – Fondo Nacional del Arroz

Unger, I., Muzika, R., Motavalli, P. 2010. The effect of flooding and residue incorporation on soil chemistry, germination and seedling growth. Environmental and Experimental Botany 69 (2010) 113–120

Signor D., et.al. 2013. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. Review Article - Pesqui. Agropecu. Trop. 43 (3) - Sept 2013 - <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000300014>.

Wachinger, G., et.al., 2000. Variability of soil methane production on the micro-scale: spatial association with hot spots of organic material and Archaeal populations AU. Soil Biology and Biochemistry vol. 32 - IS - 8 SP - 1121 -DA - 2000/08/01/SN - 0038-0717 [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00024-9)

Yamauchi, M., Aguilar, A. M., Vaughan, D. A., Seshu, D. V. 1993. Rice (*Oryza sativa* L.) germplasm suitable for direct sowing under flooded soil surface. Euphytica, 67: 177–184.

Zou, J.; Huang, Y.; Zheng, X.; Wang, Y. Quantifying direct N₂O emissions in paddy fields during rice growing season in mainland China: dependence on water regime. Atmos Environ. 2007, 41, 8030-42.

Zschornack, T., da Rosa, C. M., Pedroso, G. M., Marcolin, E., da Silva, P. R. F., Bayer, C., 2016



Mitigation of yield-scaled greenhouse gas emissions in subtropical paddy rice under alternative irrigation systems. *Nutr Cycl Agroecosys* 105, 61–73.

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org