



INFORME TECNICO FINAL

Proyecto “Arroz más productivo y sustentable para Latinoamérica”

2025





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 Karla Cordero, Rubén Gallegos, José Isaac Mejía, Martha Lucrecia Bonell, María Laura Fontana, Raúl Daniel Krugery María Paz Santibáñez.

Copyright © 2025 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

Abstract	4
Resumen	5
Antecedentes	7
Objetivos	9
Metodología	10
Resultados	12
Panamá	15
Chile	18
Argentina	28
Indicadores Técnicos	33
Hallazgos Destacados	36
Historias en el campo	38
Discusión	39
Conclusiones	41
Recomendaciones	42
Referencias Bibliográficas	43
Instituciones participantes	45



Abstract

The main objective of the project was to improve the productivity and sustainability of rice cultivation in Latin America and the Caribbean. To achieve this objective, work was carried out on the experimentation and validation of the Rice Crop Intensification System, also known as SICA, in the countries involved in the project. This system proposes applying certain agronomic management principles that differ from those conventionally used in rice cultivation, such as reducing plant density, intermittent irrigation, soil oxygenation, and the use of mechanized weed control. For the proper development of the project, work was carried out on three components. The first focused on establishing a baseline for each country with respect to the SICA methodology, identifying its barriers and advantages. A second component was based on the establishment of pilot plots for experimentation and validation in the countries of the Regional Research Platform (PRI). The third component focused on validating the methodology and transferring it to the rice sector in LAC. The main results obtained in the project were the identification of each country's baseline with respect to SICA, together with the identification of barriers and advantages. In this regard, Argentina was defined as a place with no previous experience with SICA; however, an opportunity was identified to establish the methodology on the nearly 30,000 hectares of organic rice managed by the country. It was also observed experimentally that SICA could offer rice plants that can withstand climatic events such as storms without suffering major losses due to lodging or stretching. In the case of Panama, the SICA methodology was validated among farmers belonging to Family Farming, with a strong focus on self-sufficiency. In Panama, the advantage of SICA is that it has been developed with an agroecological approach, which allows the use of bio-inputs developed on the producers' own farms, giving them great food security and sovereignty. In Chile, an even more disruptive production model was developed, taking SICA to the extreme in terms of water use, with the development of what is now known as the climate-smart rice production system. This system is based on a combination of aerobic genetics, short cycle, high yield, and quality, together with SICA management practices adapted to the Chilean reality, i.e., with intermittent irrigation throughout the crop cycle, completely dispensing with flooding, with the consequent reduction in GHG emissions. In the case of Venezuela, the development and use of local adaptations of SICA to rice cultivation, also based on the efficient use of inputs, was identified as a strength. This efficiency factor is crucial due to the geopolitical situation the country is going through, which has allowed rice producers to continue producing food for their population. Unfortunately, due to its particular circumstances, it was unable to participate more actively in the project with plots or field development within the framework of the project.

Finally, with the adaptation of SICA practices in each country, it was possible to optimize water and nutrient use, reduce greenhouse gas emissions, and increase resilience to climate change. Collaborative efforts between researchers, farmers, and institutions promoted the adoption of these sustainable strategies, ensuring economic, environmental, and social benefits. The ultimate goal of the project was to increase the efficiency of rice production (30% reduction in



agrochemical use), conserve natural resources (50% reduction in water use), and contribute to food security (1 to 2 t/ha increase in yield) in the region.

Keywords: rice, irrigation, SRI, sustainability

Resumen

El objetivo central del proyecto fue mejorar la productividad y la sustentabilidad del cultivo de arroz en América Latina y el Caribe. Para poder lograr este objetivo se trabajó en la experimentación y validación del Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz, también conocido como SICA en los países vinculados al proyecto. Este sistema propone aplicar ciertos principios de manejo agronómico diferentes a los realizados de manera convencional en el cultivo del arroz, tales como reducción de la densidad de plantas, riego intermitente, oxigenación de los suelos y uso del control mecanizado de malezas. Para el correcto desarrollo del proyecto se trabajó en torno a 3 componentes, la primera enfocada a trazar una línea base de cada país con respecto de la metodología SICA, identificando sus barreras y ventajas. Una segunda componente basada en el establecimiento de parcelas piloto de experimentación y validación en los países de la Plataforma Regional de Investigación (PRI). Y una tercera componente basada en la validación de la metodología y su transferencia al sector arrocero de LAC. Los principales resultados obtenidos en el proyecto, fueron la identificación de la línea base de cada país con respecto del SICA, en conjunto con la identificación de barreras y ventajas. En este sentido, Argentina se definió como un sitio en donde no existían experiencias previas con el SICA, sin embargo, se detectó una oportunidad de establecer la metodología en las casi 30.000 hectáreas de arroz orgánico que maneja el país. Asimismo, se observó de manera experimental que el SICA podría ofrecer plantas de arroz que pueden resistir eventos climáticos como las tormentas sin que se produzcan grandes pérdidas por acame o tendedura. En el caso de Panamá, se logró validar la metodología SICA en agricultores pertenecientes a la Agricultura Familiar, con un fuerte enfoque de autosuficiencia. En Panamá la ventaja del SICA es que se ha logrado desarrollar con un enfoque agroecológico, que permite la utilización de bioinsumos desarrollados en las propias fincas de los productores, lo que les otorga una gran seguridad y soberanía alimentaria. En el caso de Chile, se logró desarrollar un modelo productivo incluso más disruptor, que llevó al SICA a un extremo en términos de uso hídrico, pues se desarrolló lo que hoy se conoce como el sistema de producción de arroz climáticamente inteligente. Este sistema se basa en la combinación de genética aeróbica, de ciclo corto, alto rinde y calidad, en conjunto con las prácticas de manejo del SICA adaptadas a la realidad chilena, es decir, con riego intermitente durante todo el ciclo de cultivo, prescindiendo por completo de la inundación, con la consecuente disminución de las emisiones de GEI. En el caso de Venezuela, se identificó como fortaleza el desarrollo y uso de adaptaciones locales del SICA al cultivo del arroz, basado también en el uso eficiente de los insumos. Este factor de eficiencia es crucial debido a la situación geopolítica que atraviesa el país, lo que les ha permitido



a productores arroceros a seguir produciendo alimento para su población. Lamentablemente, por su condición particular no pudo participar de manera más activa en el proyecto con parcelas o con desarrollo en campo en el marco del proyecto.

Finalmente, con la adaptación de las prácticas del SICA en cada país, se logró optimizar el uso de agua, el uso de nutrientes, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la resiliencia frente al cambio climático. Los esfuerzos colaborativos realizados entre investigadores, agricultores e instituciones se promovió la adopción de estas estrategias sostenibles, garantizando beneficios económicos, ambientales y sociales. El objetivo final del proyecto fue aumentar la eficiencia de la producción de arroz (reducción de un 30% en uso de agroquímicos), conservando los recursos naturales (reducción del uso de agua en 50%) y contribuyendo a la seguridad alimentaria (aumento de rinde de 1 a 2 t/ha) en la región.

Palabras Clave: arroz, riego, SICA, sustentabilidad



Antecedentes

El arroz es indiscutiblemente un cultivo relevante en América Latina y el Caribe (ALC). En el 2023, se sembraron más de 23 millones de hectáreas de arroz en la región, consolidándose una vez más como uno de los cultivos más importantes de LAC y una fuente clave de ingresos para pequeños agricultores. En Panamá, por ejemplo, es el cultivo más sembrado y representa el 11.4% del PIB agrícola, siendo además esencial para la seguridad alimentaria. En Chile, en tanto, y aunque representa sólo el 5% de la superficie cultivable, es fundamental en las regiones del Ñuble y Maule. En Argentina ocupa menos del 1% del área agrícola, pero es el principal cultivo exportado por las provincias de Entre Ríos y Corrientes. Por último, en Venezuela, el arroz es el tercer cultivo más sembrado pero el 70% del consumo nacional se cubre con importaciones, lo que hace prioritario aumentar su producción y productividad.

La agricultura familiar desempeña un papel significativo en la producción de arroz en la región. Del total de 6,095 productores, el 44% pertenece a la agricultura familiar. Este sector representa el 80% de los productores en Chile, el 27% en Argentina, el 31% en Panamá y el 35% en Venezuela. Para estos productores, el arroz es una fuente principal de ingresos y también de autoconsumo. El cambio climático ha afectado negativamente la producción de arroz, principalmente por la disminución en la disponibilidad de agua y los constantes estreses bióticos (nuevas razas de enfermedades y plagas) y abióticos (sequías, inundaciones, tormentas de viento, olas de calor extremas, entre otros) que enfrenta producto del calentamiento global. Frente a estos retos, el Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SICA o SRI por sus siglas en inglés) surge como una alternativa sostenible. Este sistema fue descubierto por primera vez en Madagascar en los años 80, por el monje jesuita Henri de Laulanié.

El SICA es un sistema de producción de arroz de siembra bajo trasplante, con cambios en el manejo de plantas, suelo, agua, y nutrientes, usando menos agua y menos semilla, basado en cuatro principios fundamentales: 1) Establecimiento temprano y rápido de plantas jóvenes y saludables (2 hojas), 2) Reducción de la competencia entre plantas (baja densidad de siembra en cuadro; una sola planta por punto de siembra), 3) Establecimiento de suelos saludables, enriquecidos con materia orgánica, mantenidos aireados (favorece el desarrollo de microorganismos benéficos), 4) Alternancia de suelos secos y mojados (reducir número de riegos).

Esta metodología ha sido probada en más de 50 países, en su mayoría asiáticos y africanos, en climas más bien tropicales en donde la presión de producción de arroz es altísima, debido a su alto consumo doméstico. Este sistema ha demostrado incrementos de entre 20% y 100% en el rendimiento, mejorando la eficiencia del uso del agua (reducción del 10% al 40%) y reduciendo el uso de semillas y agroquímicos. Además, disminuye las emisiones de metano hasta en un 60% y mejora la calidad del suelo y la resiliencia frente a fenómenos climáticos extremos.



A partir de estos resultados, se ha buscado adaptar y escalar esta tecnología a distintos ambientes y métodos de siembra presentes en el mundo. En general, los recursos destinados a la experimentación y validación del sistema en Latinoamérica han sido limitados, no obstante, se han implementado diferentes experiencias a lo largo de la región. Instituciones como INIA (Chile), IDIAP (Panamá) e INTA (Argentina) comenzaron a estudiar este sistema, y FUNDARROZ en Venezuela se perfila como un actor clave para su implementación a mayor escala. Estos cuatro países involucrados empezaron a trabajar el SICA en diferentes años, en Chile por ejemplo se comenzó en los años 2016-2017. Si bien cada país presenta distintos avances en relación con la incorporación de esta tecnología en sus respectivos territorios, ninguno había ido más allá que la etapa de validación.

Por ejemplo, en el caso de Argentina, sólo se contaba con uno o a lo más dos experimentos aislados no difundidos, por lo cual se clasificó en fase experimental. Se tuvo una experiencia en San Javier de Santa Fe, que no dio buenos resultados por limitantes en la mecanización para el control de malezas y se discontinuó. En Chile, en tanto, se hicieron los primeros ensayos en la temporada 2017/2018, los cuales resultaron en alta producción haciendo algunas modificaciones fundamentales a la metodología original, es decir, uso de riego intermitente todo el ciclo (ausencia de inundación) y siembra directa en seco modificada (a 30 cm entre hilera y más densidad sobre hilera). Ya en el ciclo 2019/2020 se desarrolló un protocolo estándar para la implementación del sistema y se comenzó a experimentar con variedades, en especial aquellas con mayor eficiencia en el uso de agua, de las cuales se identificaron las primeras líneas avanzadas aeróbicas. En 2020/2021, se implementaron en las primeras experiencias en campo, con financiamiento de FONTAGRO y proyectos regionales. En la temporada 2021/2022 se inició la validación en campos de productores. En el caso de este país se requieren mayores trabajos de adaptación dado que el SICA original fue principalmente adaptado y adoptado en climas tropicales y a pequeña escala. Durante el proyecto se trabajó para lograr escalar la metodología en “parcelas de práctica” (como faros tecnológicos), que permitan validar y difundir en los mismos predios de agricultores el conjunto de innovaciones que conlleva la adaptación.

En Venezuela y Panamá los productores involucrados en la validación del sistema lo han seguido implementando. Es así como, en Venezuela, se ha avanzado en algunas fincas particulares asociadas a FUNDARROZ y actualmente existen productores que utilizan principios del SICA, incentivados por la baja disponibilidad de insumos, debido a la situación político-social que atraviesa dicho país. En Panamá, por su parte, el IDIAP comenzó con los trabajos de experimentación y validación del SICA con pequeños productores, en su mayoría ubicados en las provincias de Panamá Oeste y Coclé. Se ha alcanzado buenos resultados a través de un menor uso de agua, semilla y agroquímicos, obteniendo así una producción más limpia, mayores rendimientos y una reducción en los costos de producción.

Estas experiencias dan pie a plantear que la adopción de SICA puede contribuir a los objetivos nacionales relacionados con el cambio climático en la región, la seguridad alimentaria y la



reducción de la pobreza. Por lo tanto, la adopción de SICA de manera contextualizada a las condiciones de cada lugar permitiría contribuir a la mejora de la calidad de vida de la agricultura familiar dedicada al cultivo del arroz en la región.

Objetivos

El objetivo principal del proyecto fue aumentar la productividad del cultivo del arroz a través del uso de la metodología SICA, mejorando las condiciones productivas, sustentabilidad y seguridad alimentaria de la AF de Chile, Venezuela, Panamá y Argentina. A su vez, atender la demanda social por alimentos producidos en sistemas de manejo sustentables, que consideren la preservación de los recursos naturales con un menor impacto ambiental. Esto a través de la implementación y escalamiento de un conjunto de prácticas de manejo del cultivo, específicos para cada región que permiten una mayor adaptación del cultivo al cambio climático, aumentando la productividad y rentabilidad del cultivo.

Los objetivos específicos fueron:

1. Identificar los factores clave de adopción del sistema SICA en la realidad productiva de cada país y establecer la línea base de indicadores de impacto del proyecto;
2. Implementar parcelas de experimentación para validar la metodología SICA y adaptarlas a las condiciones productivas y ambientales de cada país integrante de la PRI;
3. Validar el aumento en productividad del sistema SICA mejorado con productores locales y transferirlo a otros productores en los cuatro países, y compartir las experiencias para la validación y escalamiento en otros países de la región.



Metodología

El proyecto siguió una metodología participativa y adaptativa para la validación y adaptación en cada contexto de cada país, para poder continuar con la transferencia y la promoción del escalamiento del sistema productivo SICA adaptado.

Los componentes y actividades del proyecto fueron:

Componente 1. Identificación de los factores clave de adopción del sistema y establecimiento de línea base de indicadores de impacto del proyecto.

Este componente permitió establecer una línea base tecnológica referente al SICA en cada país, adaptando la metodología a las condiciones locales para mejorar la productividad del arroz. Se definieron los factores que influyen en la adopción del sistema y se realizó una evaluación técnica de su implementación y costos de producción.

Dentro de este componente se realizó:

- Un taller de diagnóstico con todos los líderes de la PRI, para establecer la línea base de la metodología SICA en la realidad actual de cada país y los mínimos necesarios en los diseños estadísticos y experimentales para evaluar el SICA en todas las unidades a realizarse en cada país miembro de la PRI. En la misma instancia se visitaron las parcelas SICA en Panamá, país que posee más experiencia.
- Una evaluación técnica de la implementación del sistema y cálculo de los costos de producción en cada país, con el fin de realizar un análisis económico-financiero (PRI, VAN, TIR, Relación Beneficio-Costo) y de riesgos de los sistemas productivos propuestos para la evaluar la factibilidad de implementación del SICA.

Componente 2. Implementación de las parcelas de experimentación para validar SICA.

El objetivo de este componente fue adaptar la metodología SICA a la realidad de cada país. Se implementaron parcelas de validación en Chile y Panamá, para afinar el protocolo de producción y escalarlo en fincas productivas. En el caso de Argentina, se implementaron parcelas experimentales ya que aún no contaban con experiencia del SICA. En cada parcela de validación y experimentación se evaluaron parámetros agronómicos de relevancia como rendimiento de grano, calidad industrial, precocidad, número de macollas, número de granos por panícula, entre otros.

Dentro de este componente se realizó:



- Una definición de las prácticas para utilizar en cada país para la implementación del SICA, en función del diagnóstico realizado, asesorados por consultores expertos en el SICA.
- La implementación de parcelas de validación del sistema SICA en Panamá y en Chile, de 12x12m (144 m²), en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones comparándolos al sistema convencional de producción de arroz de mayor uso en cada país (inundación continua).
- La implementación de 3 parcelas experimentales en Argentina, cada una con unidades experimentales de 144 m², en las que se evaluaron dos sistemas SICA y uno convencional, en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Componente 3. Validación del aumento de productividad del sistema SICA con productores locales y transferencia a otros productores.

El objetivo de este componente fue escalar las metodologías SICA adaptadas a la realidad de cada país a los predios productivos arroceros. La metodología a utilizar fue de transferencia “productor a productor”. Esta metodología consistió en trabajar con productores líderes seleccionados en diferentes regiones de los países participantes, con quienes se implementó el sistema SICA y se realizaron las actividades de transferencia de tecnología (virtual y presencial); con el fin de que a través de cada uno de los productores líderes se pueda llegar a un gran número de productores.

En Chile, la metodología de transferencia fue “Grupos de Innovación Participativa” o “GIP”, impulsada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). En estos grupos, formados por agricultores, asesores técnicos, extensionistas e investigadores, se realizó una co-construcción continua para la adaptación SICA al contexto local. En la primera etapa se presentó el SICA a los agricultores y se identificaron las áreas de manejo que podrían llevar los mayores desafíos. Luego, se acordó el plan de manejo a implementar en el terreno de cada agricultor, la cual fue llamada “parcela de práctica”. Durante la temporada, se realizó el seguimiento a cada parcela de práctica y se acordaron ajustes según lo observado. Al final de la temporada, se evaluaron los resultados y se planificó la siguiente temporada.

En este componente se realizaron las siguientes actividades:

- Desarrollo de sistemas de transferencia de tecnología que contribuyan al escalamiento del sistema SICA. Para ello se establecieron fincas con productores líderes y referentes en los países de la PRI. A estos agricultores líderes se les entregó apoyo y asesoría en la producción de un sector de sus fincas bajo la metodología adaptada SICA. Se monitorearon las actividades implementadas y los costos incurridos.
- Desarrollo de protocolos de producción bajo el esquema SICA adaptado a cada país y un manual técnico para la implementación del SICA en América Latina, considerando las condiciones agroecológicas de las regiones intervenidas (Cono Sur y Centroamérica).
- Un análisis de mercado de la adopción generalizada del SICA en la PRI, conteniendo los



impactos en precios locales e internacionales, y beneficiarios, para apoyar el incentivo a la adopción de la metodología SICA, al evaluar la posibilidad de comercializar el arroz producido bajo el SICA en mercados diferenciados de alta valor.

Resultados

Componente 1. Identificación de los factores clave de adopción del sistema y establecimiento de línea base de indicadores de impacto del proyecto.

Dentro de los resultados encontrados en este componente se pueden rescatar los factores facilitadores y los factores limitantes identificados para cada país de la PRI. Estos fueron pesquisados a través de talleres virtuales realizados durante la pandemia del COVID-19, y no de manera presencial como se había propuesto originalmente en el proyecto. También se muestran en el cuadro 2, los indicadores de línea base para el proyecto.

Factores potencialmente facilitadores

Los factores facilitadores comunes a todos los países para la adopción del SRI dicen relación con: i) la disminución de costos; ii) el ahorro de agua; y iii) una producción más sustentable, lo cual abre mercados más atractivos (orgánico, agroecológico, sustentable).

Chile, por su parte, agrega como elemento positivo la mecanización de labores permitida por el SRI, lo cual ayuda a solucionar la creciente escasez de mano de obra en el campo y su alto costo. Venezuela y Panamá destacan el mayor rendimiento como elemento facilitador para la adopción y Argentina hace hincapié en la recuperación de suelos y disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.

Por último, Panamá recalca como factor positivo el apoyo institucional existente, mencionando que la participación del MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) en el proceso de validación del SRI con los productores ha sido clave, debido principalmente a sus capacidades de extensión.

Factores limitantes

El principal factor limitante que mencionan tres de los cuatro países (Argentina, Chile y Venezuela) corresponde a la falta de maquinaria adecuada para la siembra y/o el control de malezas. También se indica la resistencia al cambio y aversión al riesgo por parte de una parte importante de agricultores, relevando que el SRI implica varias innovaciones juntas y que los productores arroceros pertenecen en muchos casos a un sector tradicional y son de edad avanzada.

Adicionalmente, en el caso particular de Argentina, la falta de infraestructura para la producción



de plántulas constituye un factor limitante. En Panamá, la falta de asistencia técnica y de disponibilidad de semillas, insumos y herramientas en los momentos oportunos, también dificultan el escalamiento de la técnica SRI. Por último, Chile también menciona la ausencia de mercado inmediato que reconozca y valore el arroz SRI como un elemento que limita la adopción del método, así como la falta de evidencias sistematizadas que confirmen los beneficios del SRI.

Cuadro 1. Análisis comparado del estado del SRI en los cuatro países involucrados

CARACTERÍSTICAS DEL SRI	ARGENTINA	CHILE	VENEZUELA	PANAMA
Actual alcance	<ul style="list-style-type: none"> - Seminario sobre SRI en 2016. - Algunas experiencias públicas en Sta Fe, discontinuadas. - Sin experiencias privadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - 2017/18: Primeros ensayos - 2021/2022: Ensayos + experiencias en campos de productores (validación) 	<ul style="list-style-type: none"> Desde 2017: - 8 ciclos trabajados - 3 agricultores (permanente solo 1). - Superficie: por ciclo, SRI tradicional 3 ha. SRI modificado (sembradora) hasta 80 ha 	<ul style="list-style-type: none"> - No se han realizado estudios de adopción del SRI en las localidades (Panamá Oeste y Coclé) donde se validó el sistema. - Actualmente, los productores colaboradores que participaron del proyecto SRI-IDIAP ciclo 2016-2017-2018, implementan el SRI en sus parcelas.
Factores potencialmente facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> - SRI adaptado a producción orgánica/agroecológica (mercado) - Costos bajos - Mejora la calidad de los suelos destinados a arroz. - Necesidad de prácticas para el manejo de enfermedades (hongos y virus) - Sistema de riego CPFA “control parcial del flujo de agua” - Técnicos formados para asistir a productores que quieran incorporarlo 	<ul style="list-style-type: none"> - Sequía prolongada en el país (CC futuro) - Necesidad de reducción de insumos y de mecanizar (no hay mano de obra en campos) - Incentivo de ingresar a mercados de alto valor de sustentabilidad - Arroz chileno ya es sustentable - Adopción de la siembra en seco varios ciclos anteriores (reemplazo del pregerminado) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro o menor gasto de Agua, Fertilizantes inorgánicos y semillas. - Incremento de la productividad, los materiales tienden a acercarse a su máximo potencial de rendimientos “Cierre de brechas” - Multiplicación de semillas de alta calidad. - Recuperación y producción de campos de semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo institucional y ministerial (MIDA). - Beneficios del SRI (menor uso de agua, menor uso de semilla, menor uso de fitosanitarios de síntesis química, dos o más cosecha anual, producción más limpia, mayor rendimiento a menor costo). - Cambio tecnológico, nuevas técnicas de producción, nuevas variedades de arroz.
Factores limitantes	<ul style="list-style-type: none"> - No es factible el trasplante por la superficie de los campos y la falta de infraestructura para producción plántulas (clima templado). 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de maquinaria adecuada - Alto riesgo, muchas innovaciones juntas - Sector tradicional - Agricultores pequeños y de mayor edad 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca o casi nula disposición de maquinaria especializada para realizar las labores antes durante el establecimiento del cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la política sectorial con respecto a la masificación del SRI. - Priorización en la asignación de recursos para otros proyectos.



CARACTERÍSTICAS DEL SRI	ARGENTINA	CHILE	VENEZUELA	PANAMA
	<ul style="list-style-type: none"> - No se recomienda el tránsito de maquinaria sobre suelo húmedo o fangoso por el daño que se genera en la estructura. - Necesidad de siembra mecanizada en seco (que permita adecuada densidad de plantas y macollos y evitar proliferación de malezas - Dificultad para el control mecánico de malezas y aireación del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de agua por embalse DIGUA para un sector importante (ahora) - Escasa experimentación en campos agricultores - No hay mercado inmediato 	<ul style="list-style-type: none"> - Factor cultural es limitante porque la gente no está acostumbrada a la nueva tecnología y tienden a cuestionarla o rechazarla. 	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones climáticas adversas (sequías prolongadas, excesos de lluvias y riesgo de inundación). - Falta de asistencia técnica y acompañamiento. - Disponibilidad de semillas, insumos y herramientas en los tiempos estipulados.
Población objetivo	<ul style="list-style-type: none"> - 140 pequeños productores (menos 200 ha) + 13 productores arroz orgánico: Entre Ríos, Corriente, Chaco, Formosa, Santa Fé 	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultores más jóvenes y dispuestos a innovar - Agricultores INDAP (pequeños) - Temporada 2021/2022, 3 Grupos de innovación participativa en Maule y 3 Grupos en Ñuble (6 parcelas en campos productores) - Agricultores afectados por la sequia 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de productores: s.i - Tamaño de predio/parcela: 30 ha SICA tradicional, 200 ha SICA modificado - Región(es) y sus características: Calabozo gran potencial por Represa que puede regar más de 40.000 ha. Incorporar la región de Portuguesa. 	<ul style="list-style-type: none"> - N° productores directos: 900 AF (Agricultura Familiar) y 210 AM (Arroz Mecanizado). - N° productores indirectos: 1,800 AF y 420 AM + 30 productores de semilla. - Tamaño de parcela: AF=100 m2; AM=5,000 m2 - Regiones= 7 provincias, 3 comarcas indígenas (Etnias: Nágbe-Buglé, Guna Yala y Emberá-Wounaan)
Mercados objetivos	<p>Orgánico, Exportación (poco, pero en crecimiento); No orgánico?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inicialmente mercado interno - Mediano plazo mercados de alto valor enfocados en la alta sustentabilidad (si posible, con sello SRP, mercados de exportación) - Mercados nicho locales 	<ul style="list-style-type: none"> - El mercado estaría dirigido inicialmente al de semillas principalmente a las empresas u asociaciones que tienen programas de siembras de arroz con los agricultores. - Los consumidores finales son los agricultores que obtendrían una semilla de buena calidad. - Beneficiando con la producción actual 	<ul style="list-style-type: none"> - Arroz blanco: de mayor consumo en el país comercializado en la propia comunidad. - Arroz orgánico producido bajo el sello "Orgánico Panamá" - Arroces especiales de cultivares criollos de diferentes colores. - Arroz producido bajo el sello "Agricultura familiar"



CARACTERÍSTICAS DEL SRI	ARGENTINA	CHILE	VENEZUELA	PANAMA
			unos 10 agricultores que siembran unas 500 ha.	

Fuente: elaboración propia en base a las presentaciones del Taller 1 del proyecto.

Cuadro 2. Indicadores de Línea Base

Indicadores de impacto	
Descripción	Unidad
1. Rendimiento productivo	TM/ha
2. Rendimiento industrial	%
3. Costo de producción por hectárea	USD/ha
4. Costo unitario por kilo	USD/kg
5. Volumen de agua de riego por superficie	m ³ /ha
6. Volumen de agua de riego por producto	m ³ /TM arroz
7. Proporción Costo Insumos químicos sobre el total de costos de producción	%
8. Emisiones de GEI por superficie	TM CO ² eq/ha
9. Emisiones de GEI por producto	TM CO ² eq/ha
10. Precio unitario	USD/TM
11. Proporción Volumen de arroz con sello de sustentabilidad	%
Indicadores de resultados	
Descripción	Unidad
12. Unidades experimentales	N°
13. Unidades de validación	N°
14. Artículos científicos de resultados del SRI	N°
15. Innovaciones técnicas en el SRI	N°
16. Nuevas variedades adaptadas al SRI	N°
17. Eventos de promoción del SRI (días de campos, seminarios, etc)	N°
18. Materiales de divulgación del SRI (Cartillas, videos, etc)	N°
19. Asesores Técnicos que recomiendan el SRI	N°
20. Productores que adoptan el SRI	N°

Fuente: elaboración propia

El detalle de lo identificado en este componente se encuentra expuesto en el Producto 1 de este proyecto.

Componente 2. Implementación de las parcelas de experimentación para validar SICA

Para esta componente se establecieron los sitios de pilotaje tanto experimental como de validación en los países de la PRI. Específicamente en Panamá y Chile, parcelas de validación y en el caso de Argentina, parcelas de experimentación. En el caso de Venezuela, sólo se pudo concretar la participación de las actividades online del proyecto, debido a su situación socio-



política compleja.

Los resultados de esta componente se presentarán divididos en secciones por país, mostrando los protocolos que se lograron establecer durante la etapa de planificación y luego dando el seguimiento participativo con los productores de cada región.

Panamá

En Panamá, el protocolo de manejo del SICA, se había probado con anterioridad al proyecto, ya que en el país existió un proyecto FONTAGRO previo que evaluó la metodología en años anteriores y es el país de la PRI que se encontraba en un nivel más avanzada. Es por esto que en la propuesta original del proyecto se había considerado la realización de los talleres de diagnóstico en Panamá, para que todos los países pudiesen ver en vivo y en directo los avances de la zona. El manejo del SICA que se utilizó para las parcelas de validación comprometidas en el proyecto, incluyó manejos similares al Sistema Convencional, en cuanto a preparación de suelo, variedad, área de semillero y criterio de cosecha. Sin embargo, el protocolo SICA difiere del convencional en cuanto al manejo del agua, a la siembra, densidad de plantas, nutrición del cultivo, manejo de arvenses, plagas y enfermedades (Cuadro 3).

Cuadro 3. Protocolo de manejo agronómico SICA en Panamá.

Labores	SICA "SUR"	Sistema Convencional
Preparación y adecuación del suelo	Motocultor, nivelado manualmente y muros con un murador o surcador.	Motocultor, nivelado manualmente y muros con un murador o surcador.
Selección de la variedad	IDIAP-FL-69-18	IDIAP-FL-69-18
Semillero	Área de 100 m ² se utilizó 50 gramos por bandejas	Área de 100 m ² se utilizó 1.140 gramos por bandejas
Siembra	Trasplante 10 ddg	Al voleo manualmente con la semilla pregerminada
Distancia de siembra	0.25 m entre hileras x 0.25 m entre plantas	No tiene dimensionamiento
N.º plántulas por golpe de siembra	1 planta por golpe	Siembra al voleo
Nutrición del cultivo	Abono orgánico 2 kg/m ² , Abono completo (12-24-12 6 qq/ha) y urea fraccionada (5 qq/ha)	Abono completo (12-24-12, 6 qq/ha) y urea fraccionada (5 qq/ha)
Manejo de arvenses	Uso del deshierbador rotativo	Químico (Glifosato 4 L/ha, Bispiribac sodio 0,75 L/ha, Pendimetalin 3 L/ha, Bentazón 2 L/ha)



Labores	SICA "SUR"	Sistema Convencional
Manejo de plagas y enfermedades	Control ecológico Neem + bala	Químico (Cipermetrina control del cogollero y del chinche 0,2 L/ha)
Manejo del riego	Uso lámina intermitente	inundación
Cosecha	115 dds 85% espigas con granos maduros, humedad a 18–23 %	115 dds 85% espigas con granos maduros, humedad a 18–23 %

Los rendimientos observados del cultivo de arroz en el SICA y la SC fueron similares, aunque el SICA mostró una tonelada más que el Sistema Convencional (SC). Se observó una reducción de rindes en el ciclo 2022-2023, debido al fenómeno de El Niño de 2023, sin embargo, el SICA de igual manera estuvo una tonelada arriba del Sistema Convencional. La cantidad de macollos por planta en el SICA y la SC fueron diferentes, con una reducción en el ciclo 2022-2023. La habilidad de macollaje en el SICA fue mejor que el sistema convencional en ambas temporadas (Gráfico 1). Esto demuestra el funcionamiento de uno de los principios del SICA, al disminuir la densidad de plantas, estas pueden expresar su capacidad de macollar, lo cual permite que la planta tenga un crecimiento más vigoroso y de cierto punto de vista mas inmune a los efectos de estreses bióticos y abióticos.

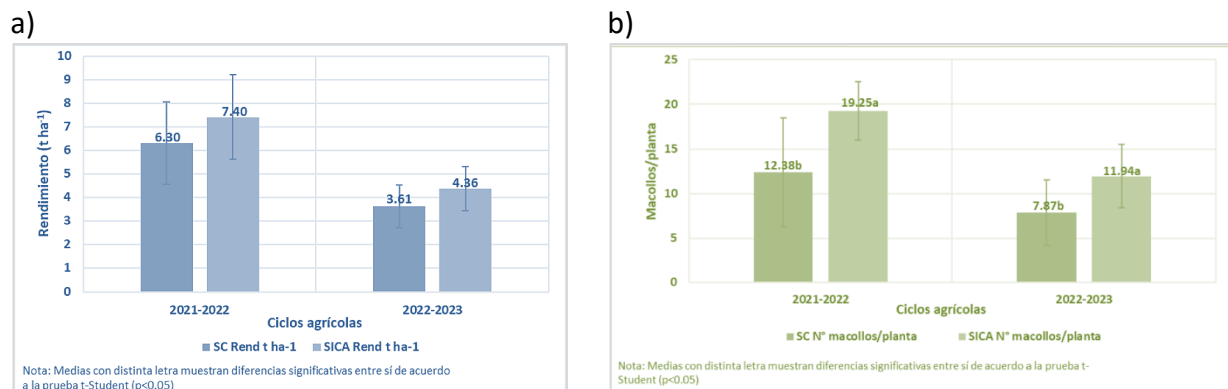


Gráfico 1. Resultados comparativos entre SICA y sistema convencional (SC) en Panamá: a) Rendimiento, b) Número de macollos por planta.

Las alturas de plantas en el SICA y la SC fueron iguales en ambos ciclos y presentaron características de plantas intermedias. La cantidad de granos/panícula en el SICA y la SC fueron similares, aunque SICA logró mantener alrededor de 50 granos más por panícula que el SC en ambas temporadas. Para este criterio, el SICA evaluado presentó buenos niveles (Gráfico 2).

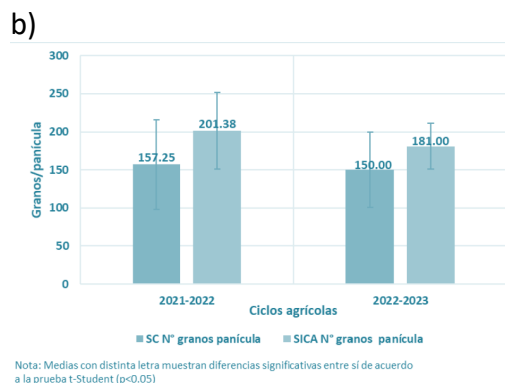
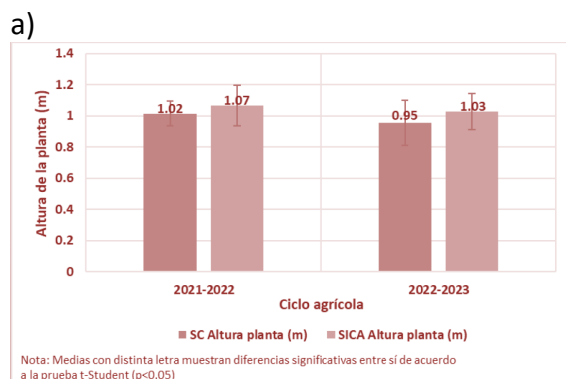


Gráfico 2. Resultados comparativos entre SICA y sistema convencional (SC) en Panamá: a) Altura de planta, b) Granos por panícula.

En cuanto a los costos, estimados según coeficientes técnicos del MIDA (marzo 2020), se observó un ahorro del 26% (Bl. 374.73) con el SICA en comparación al sistema convencional (Cuadro 4).

Cuadro 4. Costos SICA versus sistema convencional (SC) (USD/ha) (Panamá).

Detalle de Costos Variables	SC (USD/ha)	SICA (USD/ha)
Semilla	255	12
Fertilizante	364	364
Pesticidas	192,8	0
Maquinaria	0	100
Mano de obra	645,52	606,59
TOTAL	1.457,32	1.082,59

Con los resultados podemos ver que tanto productivamente como económicamente el SICA fue superior al SC, y más aún cuando se observa a través del cristal de la sostenibilidad, que muchas veces no es valorado en los mercados ni por los mismos productores arroceros.

Chile

En Chile, el protocolo de manejo del SICA se fue construyendo en un proceso participativo con los actores relevantes de la cadena del arroz chileno, ya que solo se contaba con experiencias a nivel experimental al inicio del proyecto. Es así como nacen los Grupos de Innovación Participativa (GIP), compuestos de agricultores líderes, asesores técnicos de los organismos de extensión del Estado, asesores técnicos de las industrias arroceras, investigadores y extensionistas. En estos grupos se hizo un seguimiento anual a los protocolos propuestos a partir de la metodología desarrollada a nivel experimental. Durante al menos 3 temporadas se establecieron las denominadas “parcelas de práctica”, que no corresponden precisamente a parcelas de validación,



puesto que el sistema productivo aún se encontraba en desarrollo. Esto nace, debido a que Chile tiene una realidad productiva arroceras muy distinta de todos los países Latinoamericanos, por su ubicación geográfica. En Chile, solo se produce arroz del tipo japonico templado, por lo que prácticamente ninguna de las variedades de arroz de LAC puede funcionar en el territorio, debido a las condiciones frías de la zona arroceras chilena. El tipo japonico corresponde solo al 10-15% del arroz producido en el mundo, la gran mayoría 85-90% corresponde al tipo indica de climas cálidos. Es por esto, que la metodología SICA causó gran interés por parte de los principales investigadores a nivel global del SICA en la Universidad de Cornell, ya que se pensaba que el SICA no podría funcionar en climas templados, debido al uso del agua como un buffer para las bajas temperaturas de la noche que deben soportar las plantas de arroz en Chile.

Por todo lo expuesto y por las condiciones distintas de Chile, es que la metodología SICA tuvo que ser modificada y adaptada a las condiciones del territorio. Por ejemplo, uno de los principios básicos del SRI, que es el uso de una planta joven por punto de transplante, no se puede cumplir en Chile ya que no se realiza transplante, no hay ni la infraestructura, ni el clima, ni la mano de obra para poder ejecutar esas labores, por lo cual se debió adaptar a siembra directa en seco modificada (a 30 cm entre hileras y chorro continuo en la sobrehilera). El detalle de la metodología SICA utilizada se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 5).

Cuadro 5. Protocolo de manejo agronómico SICA en Chile versus el Sistema Convencional.

Labores	SICA	Sistema convencional
Preparación y adecuación del suelo	Preparación de suelo temprana, con incorporación de materia orgánica. Uso de suelo rotado, para asegurar baja carga de maleza.	Preparación en primavera previo a la siembra
Variedad	Variedades aeróbicas o de ciclo corto (Jaspe FL).	Variedades de ciclo largo
Siembra	Siembra durante la primera quincena de octubre. Dosis de siembra de 70 Kg/ha.	Siembra en octubre con dosis entre 150 -160 Kg/ha de semilla
Distancia de siembra	Siembra con máquina en seco y con un espacio de entre hilera de 30 cm y chorro continuo sobre la hilera.	Al voleo
Nutrición del cultivo	NPK a la siembra según análisis de suelo. Urea fraccionada (siembra, 2,5 hojas, macolla, inicio primordio).	NPK en mezcla (15-22-22), más urea fraccionada en 2 aplicaciones o una post siembra
Manejo de arvenses	Control de malezas utilizando pre-emergente, con riego inmediato post aplicación. Controles de maleza de post-emergencia tanto químicos	Control químico (Barbecho con Glifosato 2 a 4 L/ha, Control pre-emergente (Clomazona 48% p/v



Labores	SICA	Sistema convencional
	como mecanizados (2 pasadas).	480gr/L), Control tercera hoja (Florpirauxifeno-bencilo*5% p/v (25 g/L)), Control etapa macolla (MCPA, antes de inicio de primordio), Control a tercera hoja (Bentazona-sodio*52,4% p/v (524 g/L)) Control desmanche gramíneas (Cihalofop-butilo*18% p/v (180 g/L))
Manejo del riego	Frecuencias de riego diferencial según tipo de suelo y condición climática, con frecuencias entre 8 a 12 riegos. Uso de sistema de riego que facilite la conducción del agua en el predio, tales como mangas con compuertas y otro. Saturación del suelo con agua entre fines del estado bota y floración para suplir la máxima demanda de evapotranspiración del cultivo.	Riego por inundación continua todo el ciclo.
Cosecha	Cosecha a 18-20% de humedad de grano.	Cosecha a 18-20% de humedad del grano

En el primer ciclo (2021-2022), uno de los acuerdos tomados por los GIPs fue que se probaran dos dosis de semilla. La primera de 40 kg/ha (definida a nivel experimental por los investigadores) y la segunda de 70 kg/ha (sugerida por los productores líderes participantes de los GIPs), y utilizar la variedad Zafiro la cual es la más sembrada en el país y probar una línea que se ha definido con un poco de precocidad y alto rinde. En esta primera etapa de prueba en campos de productores, la idea fue llevar la metodología con sus múltiples innovaciones a la realidad de ellos, para poder construir soluciones reales de manera participativa. Es así como, se enfrentó el primer desafío, que era establecer el cultivo temprano, ya que la ventana de siembra en Chile es muy estrecha, solo el mes de octubre, y las variedades a utilizar eran solo variedades de ciclo largo. Una siembra tardía con una variedad de ciclo largo significa pérdidas de rendimiento seguras por la vanazón causada por las bajas temperaturas nocturnas en el período de floración. Fue así como la única parcela en donde se logró sembrar a tiempo, la parcela de Ramón Henríquez en la región del Maule, se pudo obtener rendimientos comparables con los del sistema convencional, que el caso de este agricultor, rondan entre los 70 a 80 qq/ha (7 a 8 t/ha). En el caso de los otros dos productores de Maule, además de que las parcelas no fueron sembradas oportunamente, se



generó una infestación de malezas, que al no contar con los equipos desmalezadores mecanizados adecuados, generó aún mayores pérdidas en el rendimiento. Para el caso de las parcelas establecidas en Ñuble, tampoco mostraron buenos resultados, debido a que hubo una primavera lluviosa que no permitió establecer los ensayos a tiempo. Solo la parcela de Martin Cerda obtuvo un rendimiento que permitió cubrir los costos. Los resultados obtenidos en la región del Maule y de la Región de Ñuble se pueden observar en los gráficos 3 y 4 respectivamente.

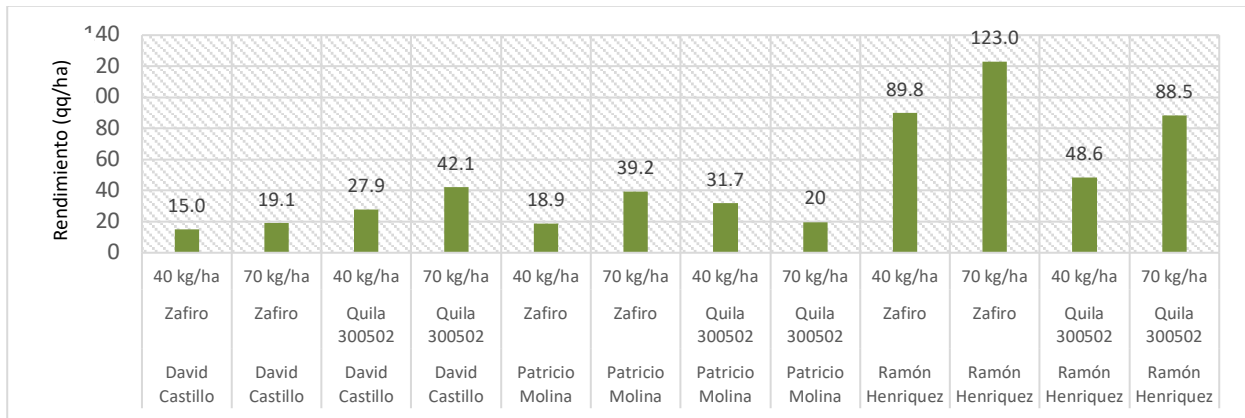


Gráfico 3. Resultados obtenidos en los 3 pilotos de la Región del Maule, Chile (2021-2022) (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).



Gráfico 4. Resultados obtenidos en los 3 pilotos de la Región de Ñuble, Chile (2021-2022) (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).

Otro punto importante es que, dentro de la región del Maule, el único suelo que estaba en “descanso” (sin cultivo de arroz al menos la temporada anterior) y contaba con una baja carga de malezas, bajo la dosis de 70 kg/ha, fue el que presentó el mejor rendimiento en el ciclo 2021-



2022. El promedio general obtenido de la región del Maule fue de 40,7 qq/ha, con el rendimiento más alto de 123 qq/ha, lo que indica una brecha de rendimiento posible de alcanzar. En el caso de Ñuble el promedio general fue de 34,3 qq/ha, y el rendimiento más alto fue de 52,9 qq/ha.

En el ciclo siguiente (2022-2023), con las lecciones aprendidas de la primera temporada se decidió en conjunto que solo utilizaría la dosis de 70 kg/ha. Además, se definió como fecha límite para el establecimiento del SICA en Chile con variedades de ciclo largo, el 15 de octubre. Otra lección aprendida fue el uso de campos en rotación o descanso, para que la presión de malezas no fuese tan alta. El último punto relevante que se analizó como crítico, fue el uso de genética con mejores condiciones en el uso eficiente de agua. Como el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA, paralelamente al desarrollo de la adaptación del SICA, realizó un screening en todos sus materiales genéticos avanzados, para identificar líneas aeróbicas, es decir, que utilizan el agua de manera más eficiente, se logró identificar algunas líneas (FLquila70=Jaspe, Quila303011, Quila295910) que podrían ser más adaptadas al SICA, por lo cual Jaspe FL INIA fue incluida en el ciclo 2022-2023. Cabe señalar que algunas de las líneas utilizadas se convirtieron en variedades comerciales dentro del periodo de ejecución del proyecto. Considerando todo lo anteriormente expuesto se establecieron las parcelas de práctica en 6 GIPs, 3 de la región del Maule, y 3 más en la región de Ñuble, por segundo año consecutivo.

Dentro de los resultados más relevantes, se puede mencionar que las parcelas establecidas en Ñuble tuvieron mejores resultados, que las parcelas de Maule. En el caso de Ñuble destaca la parcela de Nelso Badilla, en donde se alcanzó un peak de 12 t/ha de arroz con la variedad Jaspe FL INIA, la cual correspondía a la línea avanzada FLQuila70 en esa temporada. Es importante destacar que la parcela de Daniel Cerda que obtuvo los rindes más bajos sufrió de baja disponibilidad hídrica durante la época reproductiva y una mayor infestación de malezas.

En el caso de las parcelas establecidas por segundo año en Maule, se aprecia que los resultados de rendimiento fueron más bajos que los obtenidos en Ñuble, esto debido a que se utilizó nuevamente suelo repetido y se sembró de manera tardía. Esto reafirma los hallazgos anteriores, en donde se enfatizó el uso de suelos rotados y la siembra temprana. Esta última es crucial ya que las plantas al estar en menor densidad, potencian su habilidad de macollar, por lo que tienden a extender su ciclo de vida. Los resultados de los 6 GIPs de ambas regiones, se pueden apreciar en los gráficos 5 y 6.

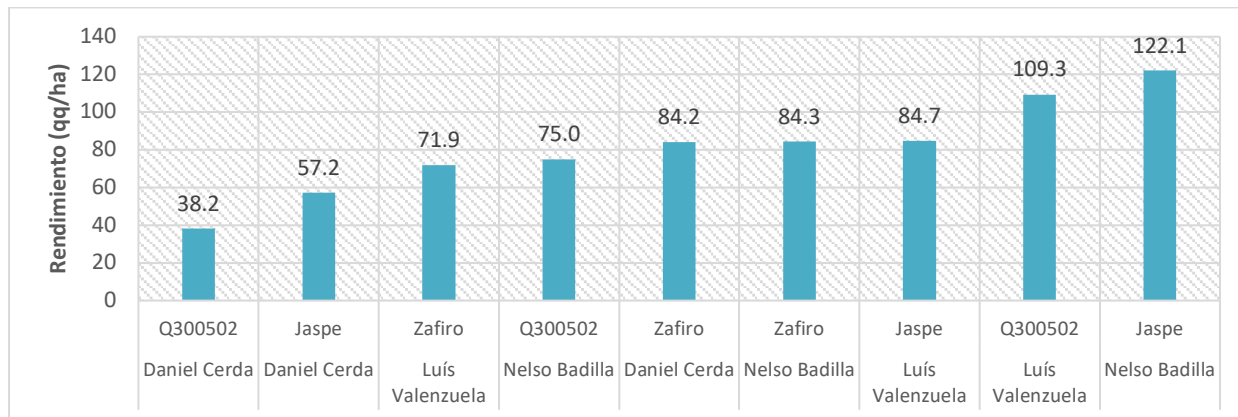


Gráfico 5. Rendimientos promedios (qq/ha) Región de Ñuble, Chile (2022-2023) (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).

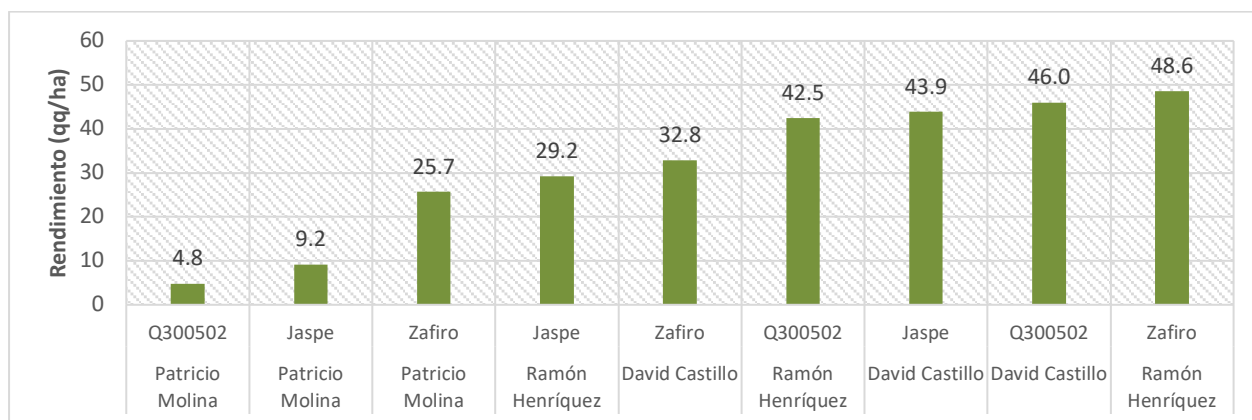


Gráfico 6. Rendimientos promedios (qq/ha) Región del Maule, Chile (2022-2023) (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).

A modo de resumen, en el ciclo 2022-2023, los rendimientos promedios en Ñuble (80,77 qq/ha) fueron más del doble que los rendimientos en Maule (31,41 qq/ha). Al realizar el análisis por variedades, el genotipo de mejor rendimiento promedio en el caso de la Región del Maule fue Zafiro INIA, con 36 qq/ha y en Ñuble, Jaspe FL INIA con 88 qq/ha. Jaspe FL INIA, mostró una mayor precocidad sin ir en desmedro del rendimiento de grano.

En el ciclo 2023/2024 se escaló el SICA con 2 variedades en un solo sitio en la región del Maule, en una superficie de 1,3 hectáreas. El agricultor Maximiliano Moreno de la zona de Perquilauquén, quiso probar unos suelos en que tenía dificultades para lograr la inundación, pero que tenían la factibilidad de riego. En su piloto se evaluaron dos sectores con Jaspe FL INIA y otro sector con Quila300502 (en la actualidad la nueva variedad Titanium). La metodología que utilizó



el agricultor, fue la definida de los trabajos realizados en las temporadas previas en los GIPs. Es por esto que logró sembrar a tiempo, en un suelo que estaba rotado y logró producir hasta 9 t/ha (Gráfico 7). El agricultor consiguió producir, esa cantidad de arroz sin inundación en ninguna parte del ciclo fenológico del cultivo, con mínimas emisiones de metano y con lo más importante, un importante ahorro de agua y de agroquímicos.

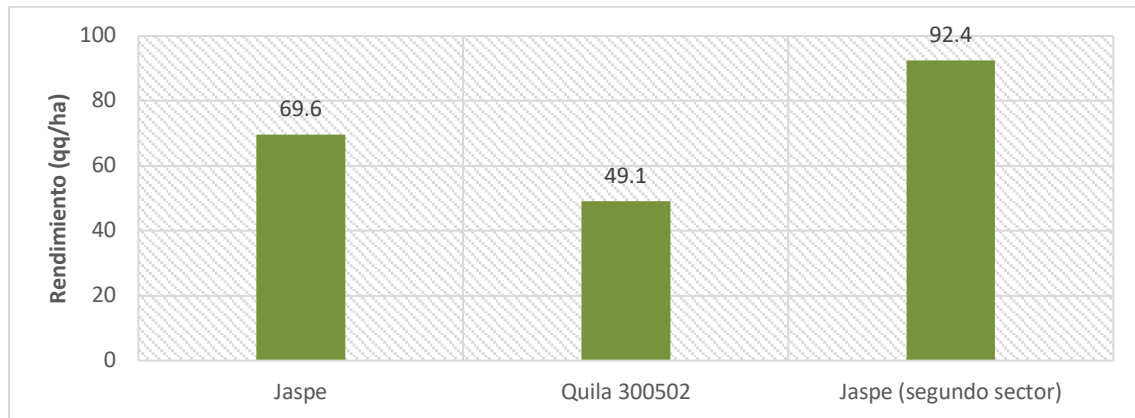


Gráfico 7. Rendimientos promedios (qq/ha) Región del Maule, Chile (2023-2024) (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).

Durante todo el desarrollo de la metodología SICA y en todos los casos probados tanto experimentalmente como en las parcelas de práctica, el manejo del riego constituyó un desafío dada la configuración actual de los suelos arroceros (con muchos pretilos o taipas, cuadros pequeños). Se prevé que la transformación de un sistema convencional requerirá un nuevo diseño predial, que permita que el agua fluya y riegue eficientemente, a diferencia de la mantención de una lámina de agua permanente. Adicionalmente, es posible considerar tecnologías de riego. Por esta razón, en el mismo ciclo 2023/2024, se establecieron 2 sitios SICA (Comuna de Retiro, Región del Maule y Comuna de Ñiquén, Región de Ñuble) con sistema de riego por goteo tanto superficial como enterrado a 20 cm de profundidad (Gráfico).

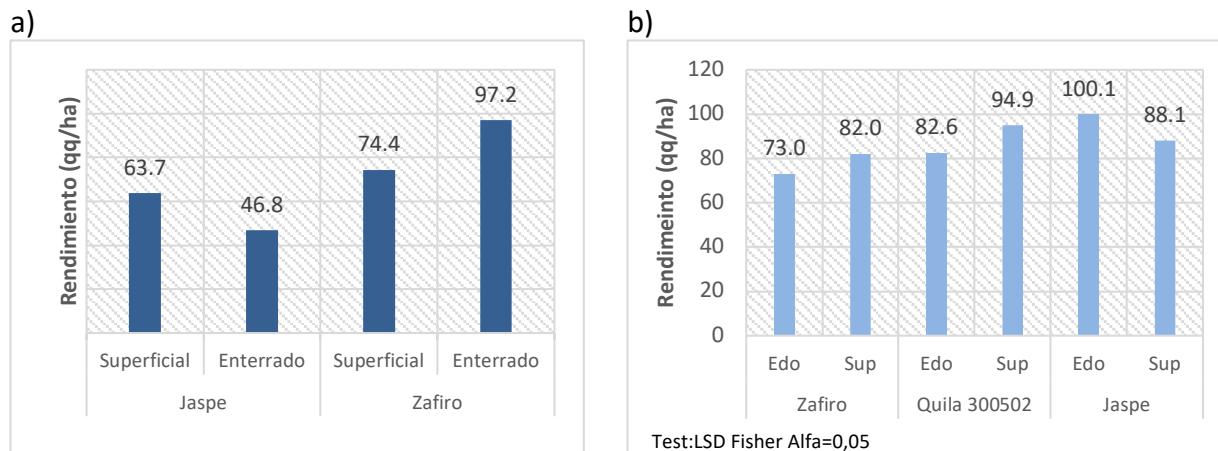


Gráfico 8. Promedios de rendimiento (qq/ha) de Variedades Zafiro y Jaspe FL vs sistema de riego superficial y enterrado, Región del Maule (a) y Región de Ñuble (b), Chile (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).

Al analizar los dos sistemas de riego, el sistema de riego enterrado obtuvo rendimiento promedio más alto, 72 qq/ha versus 69,05 qq/ha del sistema de riego superficial, sin ser significativa la diferencia de rendimiento. Para la variedad Jaspe FL INIA, el riego superficial tiene un rendimiento promedio más alto que el riego enterrado. En contraste, para la variedad Zafiro, el riego enterrado proporciona un rendimiento promedio considerablemente mayor que el riego superficial. Esto sugiere que cada variedad responde de manera diferente a los sistemas de riego y la elección del sistema se puede optimizar según la variedad cultivada.

Durante la última temporada del proyecto, 2024-2025 se avanzó en parcelas de escalamiento del SICA en Chile. Más que la metodología SICA, en Chile se avanzó hacia el escalamiento del sistema de arroz climáticamente inteligente, que combina genética aeróbica con prácticas adaptadas del SICA. Es así como en dicha temporada, se estableció una parcela en la zona de Linares, Región del Maule, en el predio del agricultor Jorge Hormazábal, quien manifestó querer incursionar en el cultivo de arroz sin inundación, ya que tenía un sitio arrendado, en donde el dueño no le permitía inundar. Don Jorge siempre cultiva arroz y también maíz por lo que el suelo donde estableció el cultivo cumplía con el requisito de ser rotado o estar descansado. En el gráfico 9, se observa que fue el agricultor que logró el rendimiento promedio más alto de los 4 sitios de la temporada, alcanzando un promedio sobre las 9 t/ha utilizando la variedad Jaspe FL INIA, la cual también fue utilizada por todos los agricultores con parcelas de escalamiento. En segundo lugar, el agricultor Luis Valdés estableció una parcela en fecha bastante tardía, la cual sirvió para poner a prueba la variedad de ciclo corto y ver hasta que punto se puede recomendar la siembra bajo este sistema con esta nueva genética. El resultado promedio fue de 7,6 t/ha por lo cual nos da la idea que se puede establecer el SICA más tarde del 15 de octubre (en este caso mediados de noviembre) y tener un buen resultado, cuando usamos variedades de ciclo corto. El caso del productor Javier



Muñoz, agricultor triguero, que también siembra maíz y leguminosas en su rotación, se atrevió a poner por primera vez arroz en un campo con un diseño predial distinto, sin pretilas y que cuenta solo con capacidad de regar y no inundar. Este predio está ubicado en el sector Las Rosas, en la Región de Ñuble. El resultado que obtuvo sobre 6 toneladas, lo dejó entusiasmado para seguir sembrando la temporada siguiente. Por último el agricultor Ángel Basoalto, del sector La Antena, de la Región de Ñuble, logró obtener 6 t/ha, en una siembra que regó no como lo necesitaba el cultivo, pero aun así logró al menos cubrir sus costos y obtener una pequeña ganancia.

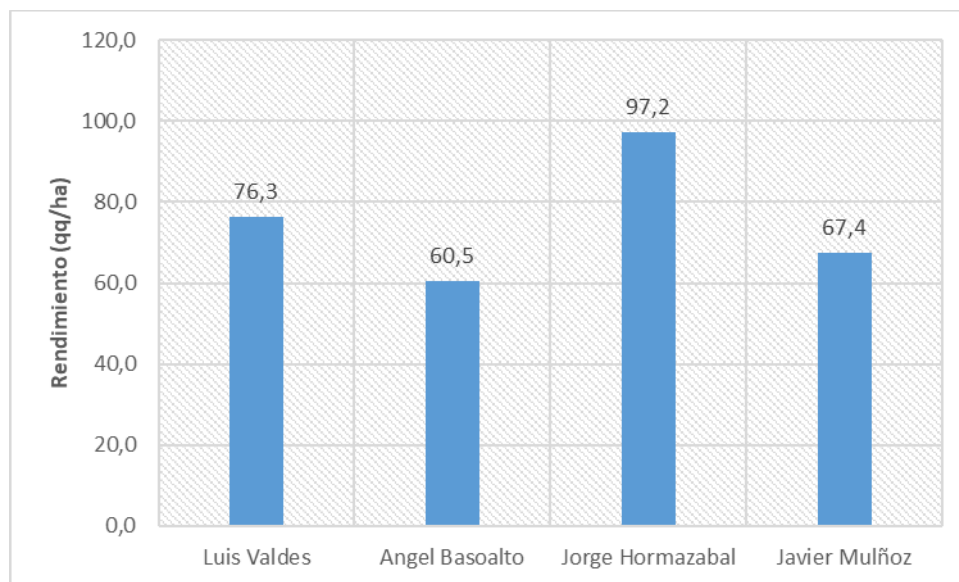


Gráfico 9. Rendimientos promedios (qq/ha) de los 4 sitios de escalamiento, en la Región del Maule y la Región de Ñuble, Chile (2024-2025) (Nota: 10 qq/ha = 1 ton/ha).

Durante la ejecución del proyecto se realizaron diversos ensayos de medición del contenido de agua sobre el manejo SICA. En uno de ellos, se utilizó la variedad Zafiro INIA, la cual fue establecida en Parral la temporada 2020/2021, en 5 tratamientos distintos, en un diseño de parcelas divididas (Split plot) con 3 repeticiones. Los 3 primeros bajo la metodología SICA, es decir, con 40 Kg/ha de dosis de semillas en hileras separadas a 30 cm, con control mecanizado y químico de malezas y fertilización constante para todos los tratamientos. El tratamiento 1, fue regado durante todo el ciclo determinado por un 30% de humedad volumétrica del suelo. El tratamiento 2 regado cada vez que se alcanzaba un 35% de humedad volumétrica del suelo y el tratamiento 3 regado a un 40% de humedad volumétrica. Los 2 posteriores usando la metodología convencional, es decir, el tratamiento 4 fue siembra pregerminada, con una dosis de semilla de 160 Kg/ha, fertilización y control de malezas convencionales e inundación continua. Por último, el tratamiento 5, sistema de siembra directa en seco, con una dosis de semillas de 140 Kg/ha, con riegos iniciales hasta las 2,5 hojas, en donde se procede a realizar la inundación continua, con todos los manejos de malezas y fertilizantes de manera convencional. En el gráfico 10, se puede ver que bajo el manejo SICA utilizando 3 diferentes frecuencias de riego, se obtuvieron consumos de agua de entre



10.500 y 11.700 metros cúbicos de agua por hectárea comparados con los más de 21.000 m³/ha del sistema pregerminado y los 13.500 m³/ha del sistema de siembra directa en seco con inundación a las 2,5 hojas. Esto reafirma la importante reducción de agua que se hace utilizando la metodología SICA (gráfico 10).

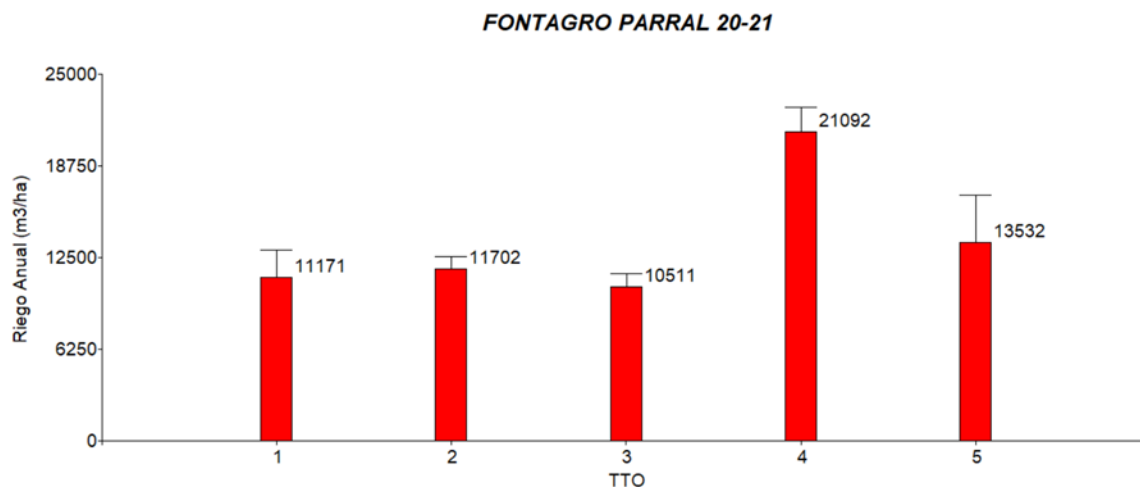


Gráfico 10. Volumen de riego anual aplicado a los diferentes tratamientos, en donde 1 = Riego lámina 1 a 30% de humedad volumétrica bajo SICA, 2 = lámina de riego 2 a 35% de humedad volumétrica bajo SICA, R3 = lamina de riego a 40% de humedad volumétrica, bajo SICA, 4 = Sistema pregerminado inundación continua y 5 = Siembra directa en seco con inundación a las 2,5 hojas.

Otro de los grandes desafíos de validar y luego escalar la metodología SICA, es el control mecanizado de malezas. En el caso de países como Panamá en donde el SICA es practicado en superficies pequeñas de producción de arroz para autoabastecimiento, no hay mayores problemas, ya que existen controladores mecanizados en forma de bicicletas que son fáciles de construir y utilizar. Sin embargo, para países como Chile y Argentina, esas herramientas no son viables debido a las grandes extensiones en que se cultiva el arroz. Es por esto que se han desarrollado algunos prototipos de controladores mecanizados de malezas que pueden ser adosados a los tractores y que podrían ser utilizados entre riegos, cuando el piso esté lo suficientemente seco para poder operar sin inconvenientes. No obstante, en todos los ciclos fue posible implementar control mecanizado de malezas, pero en escalas aun no de gran envergadura comercial, con los prototipos desarrollados hasta la fecha (Imagen 1). No obstante, estos prototipos de controladores mecanizados de malezas, siguen en desarrollo, pero se debe ahondar aún más en la temática, considerando que deben ser de fácil acceso (económicos) para que cada productor pueda contar con uno y realizar los controles de manera oportuna.



Imagen 1. Prototipos de desmalezadores mecanizados desarrollados para el SICA sin inundación.

Argentina

En el caso de Argentina se establecieron pilotos de experimentación, debido a que no existían casos anteriores de evaluación de SICA, en el conocimiento de las instituciones asociadas en dicho país (INTA Corrientes, INTA Concepción del Uruguay, Universidad Nacional del Litoral y la Universidad de EntreRíos). El protocolo de manejo SICA utilizado fue desarrollado mirando las experiencias de los otros países durante la sesión de talleres de diagnóstico iniciales del proyecto (Cuadro 6). Se establecieron los 3 sitios comprometidos en el proyecto y sus protocolos productivos se pueden apreciar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Protocolo de manejo agronómico SICA en Argentina.

Labores	Corrientes	Entre Ríos	Santa Fe
Parcelas	14,4 m ² x 18 UE Convencional y AWD 3 densidades, 3 repeticiones	20 m ² x 6 UE Convencional y AWD x 3 repeticiones	16 m ² x 6 Convencional y AWD x 3 repeticiones
Variedad	Gurí INTA CL	Gurí INTA CL	Gurí INTA CL



Labores	Corrientes	Entre Ríos	Santa Fe
Siembra	Mecanizada 20 cm entre surco 75 pl/m ² ≈ 21 kg/ha 150 pl/m ² ≈ 43 kg/ha 250 pl/m ² ≈ 100 kg/ha Fecha 10/2021	Manual 25 cm x 25 cm 4 kg /ha Fecha 18/10/2021	Manual con rastrillón 20 cm X 20 cm 6,25 kg/ha Fecha 15/10/2021
Manejo de arvenses	Herbicidas en presiembrera preriego. Remoción del suelo.	Herbicidas en presiembrera. Remoción de suelo para aireación y control manual de malezas.	Remoción de suelo para aireación y control manual de malezas.
Riego	AWD: Intermitencia hasta diferenciación diferenciación de primordio floral (DPF). Control: evaluación visual.	AWD: Intermitencia hasta diferenciación DPF. Control: tensiómetro ≥ - 10kPa y tubo de PVC (se inundó cuando el agua descendió a 10 cm por debajo de la superficie del suelo)	AWD: Intermitencia hasta diferenciación DPF. Control: tensiómetro ≥ - 10kPa y tubo de PVC.

El piloto de Santa Fe fue dañado por pájaros, plaga común en la zona, y resembrado el 06/12/2021 luego de protección con malla anti pájaros. El sitio fue abandonado por invasión de malezas ya que el control manual fue insuficiente. Así mismo, uno de los tratamientos de Corrientes también fue abandonado porque el control químico fue insuficiente y debido que existió una ola de calor tan intensa un fin de semana en donde el ensayo no recibió irrigación y que las plantas no pudieron resistir.

En Entre Ríos se logró establecer una buena parcela representativa de las prácticas y condiciones del SICA con buen control manual de malezas. En comparación con el sistema convencional, las plantas del SICA fueron más robustas y bajas, con alto número de macollos (15-30 macollos) y mostraron un color verde más oscuro. Su floración (28/01/2022) comenzó 4 días después que en el sistema convencional (24/01/2022). Las parcelas de SICA mostraron tolerancia al vuelco en condiciones de tormenta con fuerte ocurrida el 28/02/2022.

En cuanto a rendimiento, las parcelas convencionales que sufrieron de vuelco se estimaron con un rendimiento cercano a los 14 ton/ha mientras que en parcelas SICA un rendimiento ligeramente superior a los 11 ton/ha. Estos rendimientos se dieron en suelos provenientes de campo natural/pradera, con buena fertilidad, riego muy controlado en parcelas pequeñas niveladas, control químico de malezas presiembrera y buen control manual durante el cultivo.



En Corrientes, se adaptaron los principios de SICA a las prácticas de manejo para condiciones productivas de Argentina. El riego fue controlado mediante evaluación visual y dadas las condiciones de sequía y altas temperaturas del ciclo 2021/2022 se observó estrés hídrico en estadios iniciales del cultivo. Se realizaron prácticas de remoción de suelo para aireación, pero para el control de malezas fue necesario el control químico para evitar la pérdida de los pilotos.

Los resultados de los 6 tratamientos, a saber 250 pl/m², 150 pl/m² y 75 pl/m² bajo manejo convencional (tratamiento “C”) y riego intermitente de SICA, se muestran en los siguientes gráficos (Gráfico 11, a y b).

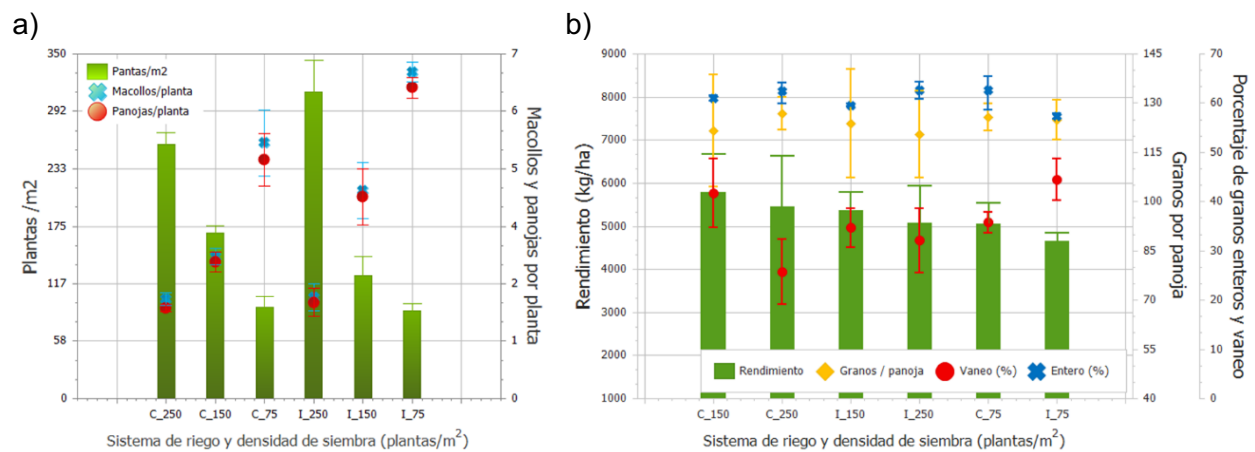


Gráfico 11. a) Componentes de rendimiento: plantas/m², macollas y panojas por planta, b) rendimiento y calidad de grano utilizando densidades de siembra de 250 pl/m², 150 pl/m² y 75 pl/m² bajo riego convencional (C) y riego intermitente hasta DPF (I) (Argentina).

No hubo diferencias significativas, posiblemente por problemas en el manejo del riego en un año con altas temperaturas, disponibilidad de agua y daños por pájaros en parcelas puntuales que afectaron el ensayo. Sin embargo, el establecimiento de plantas por densidad de siembra fue acorde a lo esperado (excepto tratamiento I_250) y se observó una mayor producción de macollos con menores densidades en riego intermitente. El rendimiento fue menor en densidades de 75 plantas/m², con altos porcentaje de vaneo y menor porcentaje de granos enteros.

En base a los resultados obtenidos, se realizaron pilotos en los ciclos 2022-2023 y 2023-2024 utilizando densidad de 150 pl/m² (43 kg/ha). El riego SICA utilizó tecnologías para el manejo del agua: nivelación RTK, surcos, mangas de riego, TCR y compuertas. Los resultados del ciclo 2022-2023 se muestran en el siguiente gráfico 12).

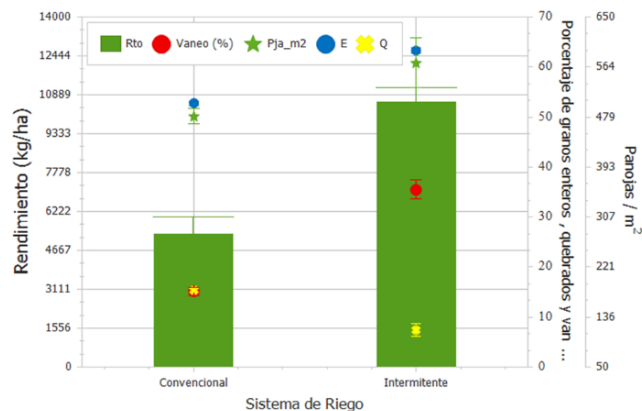


Gráfico 12. Rendimiento, densidad de panojas y calidad de grano con densidad de 150 pl/m² bajo riego convencional y riego intermitente hasta DPF, Argentina (2022-2023).

Los resultados muestran que con una densidad de plantas reducida y riego intermitente puede obtenerse un rendimiento de aproximadamente 10 ton/ha. En este ciclo, el sistema convencional maduró anticipadamente y fue afectado por pájaros. Existieron 16 días de diferencia entre los sistemas en alcanzar diferenciación de primordio floral (57 días convencional vs 73 días SICA o intermitente). El sistema convencional también mostró menor porcentaje de panojas/m² y mayor vaneo de granos, posiblemente por problemas en el manejo o distribución del agua de riego.

Los principales resultados del piloto en el ciclo 2023-2024 indican que el sistema de riego de SICA reduce el número de riegos (9 vs 12 en convencional) y el volumen de agua de riego por ha (Cuadro 7). El sistema de riego convencional utilizó 6.965 m³/ha mientras que el SICA 3.164 m³/ha, con un aporte de lluvia en el periodo = 778 mm (desde la siembra tardía hasta el 3/1/24).

Cuadro 7. Consumo de agua en piloto ciclo 2023-2024.

Sistema	Lámina de riego neta (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Lámina de riego perdida (mm)	Precipitación Perdida (mm)
SICA adaptado	259.0	560.1	57.4	217.9
Riego continuo	518.0	532.7	178.5	245.3

Componente 3. Validación del aumento de productividad del sistema SICA con productores locales y transferencia a otros productores.

El objetivo de este componente fue escalar las metodologías SICA adaptadas a la realidad de cada país a los predios productivos arroceros. En el proyecto se propuso la metodología de transferencia “Sistema productor a productor”. La cual consiste en trabajar con productores líderes seleccionados en diferentes regiones de los países participantes, con quienes se



implementará el sistema SICA y se realizarán las actividades de transferencia de tecnología (virtual y presencial); con el fin de que a través de cada uno de los productores líderes se pueda llegar a un gran número de productores. Por tanto, un agente de extensión que trabaja con 10 a 15 grupos de 30 productores, puede tener un impacto significativo en su área de extensión.

En nuestro proyecto se utilizó la metodología de productores líderes, pero también como se comentó anteriormente se desarrollaron Grupos de Innovación Participativa junto a estos productores líderes, los que enriquecieron el proceso de desarrollo de los protocolos de producción.

Dentro de los resultados que se obtuvieron están los indicadores técnicos establecidos para el proyecto (cuadro 8). Otros de los resultados comprometidos en este componente fueron productores arroceros, extensionistas y técnicos asesores del cultivo y otros miembros de la cadena agroalimentaria del arroz capacitados en el sistema productivo SICA. El detalle de este resultado se puede ver en detalle, en los productos 8 y 9 de este proyecto, en donde se detallan las actividades realizadas y el público alcanzado en algunos de los países de la PRI. También, se propuso realizar publicaciones divulgativas y digitales de los resultados del proyecto. En este último tópico se puede profundizar en el producto 10, que tiene un compilado de publicaciones divulgativas y de cartillas. Otros resultados comprometidos fueron la reducción en el uso de agroquímicos (10%), en el uso de semilla (30%) y de agua (30%) las áreas intervenidas a nivel regional. El detalle de estas reducciones se puede leer en las secciones anteriores de este proyecto, en donde se detalla cada protocolo utilizado por cada país, en cada práctica se puede apreciar, por ejemplo, en la dosis de siembra en Chile, se utiliza convencionalmente 150 a 160 Kg/ha se semilla, en tanto que en el SICA la dosis va entre 40 y 70 Kg/ha, con eso ya vemos que se ahorra más de un 50% en este punto. Por otra parte, Panamá usa solo 50 gramos en SICA versus 1.140 gramos en el convencional, con lo que también se logra un alto ahorro de semilla. En términos de utilización de agroquímicos, si se enfoca en el uso de herbicidas, en Panamá se ahorran en un 100% bajo la metodología agroecológica en que se practica, con control 100% mecanizado. En el caso de Chile, si el SICA es establecido en campos rotados o en descanso, solo se aplican los herbicidas pre-emergentes, dejando la postemergencia con mayores controles mecanizados con el uso de algún post emergente químico en caso de manchones que pueden salir de malezas. Esto asegura al menos un 30% de ahorro en agroquímicos. Y respecto del uso de agua, como se vió anteriormente el SICA en Chile logró reducir el 50% de uso de agua versus el sistema convencional.

Por último, en este componente, se comprometió un manual de producción que puede ser revisado en el producto 11 de este proyecto y un análisis de oportunidades de mercado para el arroz sostenible realizado, que puede ser revisado con detalle en el producto 12 de este proyecto.



Indicadores Técnicos

Cuadro 8. Indicadores técnicos establecidos para el desarrollo del proyecto

Indicador	Meta	Logro	Comentarios
Número de sitios de validación del SICA establecidos en Chile, Panamá y Argentina	58	41	8 sitios en Panamá durante 2 ciclos 6 sitios en Chile durante 2 ciclos 1 sitio de escalamiento en Chile durante 1 ciclo 2 sitios de riego por goteo en Chile durante 1 ciclo 4 sitios de escalamiento en Chile durante 1 ciclo 3 pilotos en Argentina en 1 ciclo 1 piloto en Argentina durante 2 ciclos
Porcentaje de reducción en el uso de agua	50%	50% (Argentina y Chile)	Tanto en Chile como en Argentina se logró reducir el consumo de agua en un 50%. En Panamá, el volumen de agua no fue medido.
Número de agricultores y asesores capacitados	3500	1.641	779 en Panamá, 773 en Chile, 89 en Argentina.
Número de grupos de innovación participativa (GIP) conformados en Chile	6	6	Logrado como fue planificado
Mantener el rendimiento del cultivo de arroz en las parcelas intervenidas (ton/ha)	+2 ton/ha	+1 ton/ha	Se logra rendimientos similares a los del sistema convencional (inundado) en Panamá y en Chile. Argentina está aún en fase experimental.
Porcentaje de reducción en el uso de agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz	30%	35%	Se logra una reducción de un 35% en Panamá. En Chile el uso de agroquímicos no cambia aún.
Porcentaje de reducción en el uso de semilla de arroz en las áreas intervenidas	50%	90% (Panamá) 50% (Chile)	La reducción de semillas es de 50% en Chile y Argentina. Panamá logra buenos resultados incluso con dosis 90% menor.
Porcentaje de reducción de costos de producción del cultivo de arroz.	20%	26% (Panamá) 0% (Chile)	Panamá reduce en un 26% los costos de insumos, mientras que Chile mantiene los costos de producción.

Se establecieron 41 pilotos en total. En Panamá se establecieron 8 pilotos en fincas de productores líderes además de sitios demostrativos en escuelas, durante dos ciclos de siembra (2021-2022 y 2022-2023) distribuidas en las provincias Panamá Oeste, Coclé, Comarca Guna Yala,



Veraguas, Los Santos, y Ngöbe Buglé. Estos pilotos se suman a la red SICA de Panamá, que totaliza 17 sitios donde se ha implementado la metodología SICA. El material genético utilizado fue la variedad I-FL-69-18.

En Chile, se establecieron 6 pilotos en fincas de productores líderes durante los ciclos de siembra 2021-2022 y 2022-2023, distribuidas en las regiones de Maule y Ñuble. En el ciclo 2023-2024, se estableció un piloto de escalamiento (mayor a 1 ha de superficie) en la región de Maule, además de 2 pilotos exploratorios de riego por goteo en arroz, también en fincas de productores líderes. El material genético utilizado fueron las variedades Zafiro, Jaspe FL INIA y la línea genética Quila 300502. En el ciclo 2024-2025 se establecieron 4 pilotos de escalamiento (2 en cada región).

En Argentina, se establecieron 3 pilotos experimentales en el ciclo de siembra 2021-2022, en las provincias de San Fe, Entre Ríos y Corrientes. En los ciclos 2022-2023 y 2023-2024 se continuó con el piloto de Corrientes.

Se realizó un total de 96 talleres. En Panamá, se realizó un total de 47 talleres presenciales en un total de 18 localidades. Se realizó un seminario internacional en marzo de 2025 en Chillan, Chile, el cual reunió todas las experiencias, más la participación de otros países (Brasil y Uruguay). Este evento se reportó como “Producto 8. Memoria de Taller”. En Chile, se realizaron 47 talleres presenciales en 8 localidades, incluyendo las fincas de agricultores líderes y las dos estaciones experimentales del INIA (región Maule y Ñuble) y el centro de investigación INIA Quilamapu ubicado en la región de Ñuble. En Argentina, se realizaron 2 talleres presenciales en el INTA Corrientes.

Entre Panamá, Chile y Argentina, se logró capacitar a 1.641 personas, de los cuales el 74,1% fueron hombres y el 25,9% mujeres. Este número se compone de individuos que asistieron desde 1 hasta 6 jornadas de capacitación en las diversas modalidades indicadas en la sección anterior. En este sentido, el número total de asistentes, es decir, la suma total del número de participantes en cada una de las jornadas mencionadas corresponde a una cifra significativamente mayor que la de los individuos.

En Argentina, se logró capacitar a 89 personas entre agricultores, asesores y representantes de la industria, de los cuales el 65,2% fueron hombres y el 34,8% mujeres.

En Panamá, en tanto, se logró capacitar a 779 personas entre el 2021 y el 2024 (65,5% hombres y 34,5% mujeres), en la siguiente distribución:



Cuadro 9. Asistentes a las diferentes actividades de capacitación y difusión en Panamá durante la ejecución del proyecto.

Grupo	Hombres	Mujeres	Total general
Productores	185	86	271
Colaboradores IDIAP	18	3	21
Extensionistas MIDA	27	16	43
Investigadores IDIAP y otras Instituciones	148	62	210
Estudiantes de los IPTA	132	102	234
TOTAL	510	269	779

Finalmente, en Chile, se logró capacitar a 773 personas entre el 2021 y el 2025 (83,8% hombres, 16,2% mujeres), en la siguiente distribución:

Cuadro 10. Asistentes a las diferentes actividades de capacitación y difusión en Chile durante la ejecución del proyecto.

Grupo	Mujeres	Hombres	Total general
Agricultor	26	390	416
Apoyo investigación	19	56	75
Asesor	5	39	44
Estudiante	18	9	27
IICA	5	9	14
Industria	2	29	31
Investigador	16	33	49
otro	10		10
Proveedor	12	45	57
Sector público	12	38	50
TOTAL	125	648	773



Hallazgos Destacados

Panamá

- La implementación del SICA en Panamá produjo rendimientos similares al sistema convencional, con una densidad de siembra 90% menor y ahorro en compra de insumos y mano de obra (26% de ahorro).
- La reducción de las precipitaciones debido a la variabilidad climática genera un impacto negativo en los rendimientos estimados del SICA (baja de rindes por fenómeno del Niño en una de las temporadas bajo evaluación).
- La implementación de días de campo en fincas de productores líderes resultó ser una estrategia efectiva para promover el aprendizaje práctico y la difusión de tecnologías.

Chile

- La densidad de siembra de 70 kg/ha en SICA resulta en un rendimiento similar al sistema convencional. Esto implica una reducción de 50% al menos en la dosis de semilla utilizada en el sistema convencional.
- Los suelos “repetidos”, es decir, que han tenido arroz la temporada anterior, presentan una alta carga de malezas y no permiten reducir el uso de herbicidas. Por lo que se requiere un campo rotado para el establecimiento del SICA.
- El SICA permite reducir el volumen de agua utilizado en un 50%, pero el control del riego es un desafío.
- Jaspe FL INIA, tiene una mayor precocidad sin ir en desmedro del rendimiento de grano, presenta buenos rindes usando eficientemente el agua, por lo cual se perfila como una muy buena alternativa para seguir siendo estudiada y sembrada bajo sistema SICA.
- La metodología de grupos de innovación participativa permitió acelerar la adaptación del SICA a las condiciones locales de cada sitio y el escalamiento.

Argentina

- La densidad de 150 plantas/m² (43 kg/ha) con buen control del riego en sistemas intermitentes puede ser una alternativa productiva para disminuir costos.
- El sistema de riego de SICA mostró mayor eficiencia de uso de agua de riego y lluvia que el sistema convencional.
- No obstante, el ahorro en el consumo de agua se penaliza con una reducción de rendimiento del 17,8% que tal vez pueda compensarse con la reducción de costos de riego.



- Con precipitaciones de 1200 mm usuales en la ventana de cultivo es posible duplicar la superficie sembrada o aplicar tecnología para el manejo eficiente del agua en años de escasos y evitar grandes mermas de rendimiento.



Historias en el campo

Parcela SICA validación y escalamiento GIP “Sindicato de Ñiquén” (2023-2024)

En Chile, el agricultor Luis Valenzuela participó del proyecto desde sus inicios, estableciendo un piloto en su campo, sitio que fue el centro de las actividades del Grupo de Innovación Participativa (GIP) “Sindicato de Ñiquén”. En el ciclo 2023-2024 se realiza una siembra SICA en un lugar donde hubo dos pilotos con anterioridad, escalando a una superficie de 7 ha. Se intentó realizar lo acordado previamente con el Grupo (GIP), en cuanto a manejos de la parcela.

No obstante, se tuvo un año complejo en términos climáticos, hubo lluvias en la etapa de establecimiento del cultivo, lo que produjo un atraso en la siembra. A pesar de la siembra tardía, el cultivo no tuvo mayores problemas debido al uso de una variedad de ciclo corto eficiente en el uso del agua que ya había demostrado buenos resultados bajo el SICA en la temporada anterior.

Durante el resto del ciclo, se realizaron los manejos de control de malezas y riego intermitente, se utilizó menos agua en comparación al sistema convencional, menos insumos tales como fertilizantes y herbicidas, y se obtuvo un rinde promedio de 7t/ha con alta calidad industrial.

Parcela SICA validación productora María Esther Pérez del Sector Las Pavas-1, Panamá Oeste (2022 al 2025)

La productora María Esther Pérez es una de las agricultoras pioneras y más perseverante en la adaptación y adopción del SICA. Posee una finca en conjunto con su familia en donde practican el SICA de manera agroecológica y como una forma de ejercer la seguridad y soberanía alimentaria para su clan familiar. En su finca posee al menos 3 sectores en donde ha establecido arroz bajo el manejo SICA. Ella misma, apoyada por su familia genera su fertilizante natural, en forma de compost, reciclando todos sus desechos orgánicos producidos en su finca. Asimismo, para el control de plagas y enfermedades, en su finca posee árboles de Neem de donde extrae las hojas para realizar sus preparados para asperjar en sus pequeñas parcelas, para controlar plagas y enfermedades. También, posee sus almácigos desde donde se provee de plantas jóvenes para el trasplante y cuenta con instrumentos para poder realizar el marco de plantación correcto, como también desmalezadores manuales que le permiten realizar las labores de manera oportuna. También cuenta con un sistema de riego que le indica cuando poner más agua, y se provee de un manantial que tiene en su finca. Todo lo producido, es cosechado, secado y procesado en la finca, para luego ser consumido por su clan familiar y también en ocasiones comercializado entre los vecinos. Además del arroz, su finca posee plátanos, mangos, aves, algunos peces en un pequeño tranque, todo aquello le permite contar con mucha de su alimentación producida en su propio terreno, aumentando su seguridad alimentaria junto a su clan familiar.



Discusión

Componente 1. Identificación de los factores clave de adopción del sistema y establecimiento de línea base de indicadores de impacto del proyecto.

En este componente se logró caracterizar el punto de partida de cada país en relación con la metodología SICA, incluyendo aspectos técnicos, económicos y sociales. El diagnóstico participativo evidenció que la adopción del sistema depende en gran medida de factores como: acceso a tecnologías de riego, capacidad de manejo de malezas, disponibilidad de mano de obra, y percepción de riesgo por parte de los agricultores. En Panamá, la familiaridad con prácticas agroecológicas y la escasez de insumos favorecieron una rápida aceptación del sistema. En Chile, el nivel de tecnificación permitió una adaptación estructurada, aunque con desafíos asociados al control de malezas en suelos con alta presión de infestación. En Argentina, se identificó que la escala productiva, la mecanización, y el problema del arroz colorado (arroz rojo) representan los principales obstáculos para la adopción a gran escala del SICA, especialmente sin herramientas adecuadas de control.

Componente 2. Implementación de las parcelas de experimentación para validar SICA.

Este componente aportó información clave para ajustar los protocolos técnicos, y dio evidencia de la viabilidad agronómica del sistema en distintas condiciones edafoclimáticas.

En Panamá, se establecieron 8 pilotos en diversas regiones. Los ensayos demostraron que con menos insumos (hasta 90% menos semilla y sin pesticidas) se alcanzaron rendimientos similares al sistema convencional (SICA incluso superando en una tonelada al sistema convencional). Se destacó la reducción del 26% en costos de producción en comparación al sistema convencional, dado que la escala permite implementar un sistema agroecológico. Esta experiencia ofrece posibilidades para explorar a mayor escala en los otros países.

En Chile, la adaptación del SICA ocurrió rápidamente, reduciendo la dosis de semilla en 50% pero utilizando un nivel mayor del SICA tradicional bajo transplante. No obstante, se lograron rendimientos competitivos (hasta 8 ton/ha) en escalas interesantes (más de 1 ha), y reducción del 50% en el uso de agua. El conocimiento de dos ciclos permitió explorar tecnologías de riego tecnificado (riego por goteo superficial y enterrado) con resultados hasta de 10 ton/ha de rendimiento. Los distintos pilotos y ciclos demuestran que uno de los mayores desafíos es el control de malezas, particularmente en suelos que han sido cultivados con arroz de manera permanente, sin rotación o descanso, lo cual resulta en una carga de malezas que solo es controlable con el uso de herbicidas. Los prototipos de controladores mecanizados de malezas utilizados aún deben ser optimizados.

Por otro lado, el control de la humedad del suelo también es otro desafío clave para el logro de



rendimientos competitivos en escalas comerciales. Si bien la variedad precoz utilizada, Jaspe FL INIA, otorga oportunidades importantes para escapar a ciertos problemas climáticos, como las lluvias tardías, eventos de temperatura extremos y la escasez hídrica, se confirma que un buen resultado se logra cuando la genética se acompaña con manejos agronómicos adecuados. Se prevé que la transformación de un sistema convencional requerirá un nuevo diseño predial, donde es necesario que el agua riegue los suelos eficientemente y no quede estancada.

En Argentina, las parcelas fueron experimentales. Al igual que en Chile, el control de malezas es la principal limitante para la aplicación de SICA, ya que el agua de inundación facilita el control, además del control químico. Con un adecuado control de malezas, es posible alcanzar rendimientos de 10 ton/ha o con reducciones de rendimiento cercanas al 17% respecto al sistema convencional (Fontana y col., 2024). El SICA ofrece la posibilidad de una mayor eficiencia de bioformulados con microorganismos aeróbicos, nuevos desarrollos en fertilizantes o cultivares con características que se adapten a este sistema.

El uso de variedades como el CL de INTA entrega buenos resultados, pero la aparición de resistencia a herbicidas imidazolinonas hace necesario el uso de otras moléculas (Presotto y col., 2024). El control mecánico parece inviable en la zona norte de Corrientes debido a los numerosos pulsos de emergencia de malezas, aunque podría considerarse en regiones más al sur como Entre Ríos si surgiera alguna tecnología adecuada. El SICA requiere un trabajo exhaustivo con el uso de herbicidas preemergentes y la evaluación de alternativas de materiales genéticos con resistencia no CL y estrategias de manejo. Los suelos provenientes de rotación o sin producción previa de arroz tienen mejor potencial para el SICA.

A pesar de estos desafíos, la implementación de los pilotos experimentales permitió adaptar densidades óptimas de siembra (150 pl/m²) y complementar con tecnologías eficientes (siembra en seco, RTK, pendiente controlada, surcos de riego, conductores, mangas, etc.), apuntando a llegar a una escala comercial y como alternativa para años con escasez de reservas de agua.

Al igual que en Chile, el SICA presenta retraso fenológico en comparación con el sistema convencional. El retraso en la aplicación del riego permanente influye significativamente en la fenología del cultivo, lo que a su vez afecta el momento de las prácticas de manejo (Darbyshire y col., 2019). La predicción de DPF (diferenciación de panícula) es necesaria para llevar a cabo prácticas de fertilización eficientes y contar con el tiempo suficiente para aumentar la lámina de agua y mitigar los efectos de temperaturas extremas (etapa de microsporas entre la PI y la floración), evitando pérdidas de rendimiento. Además, es importante considerar que el estrés hídrico predispone a las plantas a enfermedades (Dirchwolf y col., 2024).

Componente 3. Validación del aumento de productividad del sistema SICA con productores locales y transferencia a otros productores.



La metodología de trabajo con agricultores líderes demostró ser efectiva para acelerar la apropiación del SICA. En Panamá, se realizaron 47 talleres y actividades de difusión práctica en parcelas de agricultores líderes, logrando una buena aceptación del sistema en comunidades rurales. En Chile, los Grupos de Innovación Participativa (GIP) permitieron una adaptación colectiva y dinámica del SICA. La implementación en “parcelas de práctica” más que “demostrativas” permitió ajustar el manejo agronómico y mejorar rendimientos a nivel predial. En Argentina, la validación fue más limitada ya que se encuentran en fase experimental. Se identificó que ciertas prácticas del SICA no son fácilmente escalables en el contexto comercial local debido al alto requerimiento de control de malezas. Sin embargo, con tecnología adecuada de riego y rotación, se abre una oportunidad para nichos como la producción orgánica o certificada.

Conclusiones

El Sistema Intensivo de Cultivo de Arroz (SICA) ha demostrado ser una alternativa técnicamente viable para aumentar la eficiencia en el uso de recursos y mantener los rendimientos, siempre que se adapte a las condiciones locales. La experiencia en Panamá, Chile y Argentina permitió validar que el sistema puede ajustarse a distintos niveles de tecnificación, escalas productivas y realidades climáticas.

En los países participantes, el SICA logró reducciones significativas en el uso de agua (hasta 50% en Argentina y Chile), semillas (desde 50% en Chile hasta 90% en Panamá) y agroquímicos (hasta 35% en Panamá). En Panamá, el sistema fue adoptado con éxito por productores líderes, integrando insumos orgánicos y reduciendo costos de producción en un 26%. Estos resultados se alcanzaron sin comprometer los rendimientos productivos en Panamá y Chile, mientras que en Argentina aún se encuentra en fase de validación experimental con potencial a futuro.

En Chile, se logró escalar el sistema a superficies superiores a una hectárea, con buenos resultados en rendimientos y reducción de insumos, aunque el control de malezas sigue siendo una limitante importante en suelos que no tienen rotación de cultivos. En ciertos contextos de Argentina y Chile, la alta presión de malezas demanda un uso intensivo de herbicidas, lo cual no permite reducir estos costos. Una agronomía adecuada y el desarrollo de tecnologías mecanizadas para control de malezas son condiciones necesarias para escalar el SICA.

El control del riego también es clave y es alcanzable con tecnologías complementarias que facilitan el manejo. Estas tecnologías consideran el control de la humedad de suelo con sensores, la nivelación del terreno, canales de avance, compuertas, entre otras. La transformación de un sistema convencional requerirá un nuevo diseño predial.



La implementación del SICA con metodologías participativas, como los Grupos de Innovación Participativa (GIP) en Chile o el trabajo con productores líderes en Panamá, fue clave para la adaptación rápida y la apropiación tecnológica. En particular, los GIP ofrecen espacios que facilitaron el ajuste de prácticas de manejo agronómico, la validación en campo y la planificación de nuevas temporadas, promoviendo el aprendizaje colectivo ciclo tras ciclo.

El sistema mostró ser especialmente prometedor para la producción agroecológica y orgánica en economías de subsistencia, como en Panamá, y ofrece una vía para mitigar los efectos del cambio climático, al reducir el uso de agua y emisiones de gases de efecto invernadero. Su implementación, sin embargo, debe ir acompañada de políticas de apoyo, incentivos diferenciados y herramientas para su monitoreo.

Recomendaciones

Dadas las diversas experiencias de los países participantes, se recomienda considerar el SICA como un sistema que permite producir arroz de manera sustentable sin afectar los rendimientos. Se recomienda que los países que inician el SICA, pasen por una etapa experimental y luego de pilotos, que les permitan adaptar las prácticas a sus condiciones locales de manera de asegurar su factibilidad y escalabilidad. Se recomienda además realizar la adaptación adoptando un enfoque participativo, con la participación de investigadores, agricultores, asesores técnicos y representantes de la industria.

Cuando no existe rotación en el cultivo, la carga de malezas es muy alta y no es posible reducir la huella química ya que se requiere un alto uso de herbicidas para lograr un rendimiento económicamente rentable. Hoy no existe un precio preferente para un arroz más sustentable en el mercado Latino. Se recomienda, por lo tanto, asociar la producción bajo SICA a rotaciones de cultivos y a mercados de créditos de carbono, pensando en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, y de agua de riego utilizada.

Adicionalmente, se recomienda considerar una producción orgánica o agroecológica en economías de subsistencia. Por ejemplo, en el caso de Panamá la metodología SICA puede ser adaptada, escalada de manera más fácil con insumos orgánicos realizados en el predio aprovechando la rica diversidad productiva que poseen. El sistema es altamente compatible con prácticas agroecológicas y permite a los agricultores y agricultoras producir sus alimentos de manera soberana, asegurando su seguridad alimentaria.



Referencias Bibliográficas

- CREA. (2018). Actualidad del negocio arrocero en Argentina. Recuperado 15 de noviembre de 2019, de <https://www.crea.org.ar/actualidad-del-negocio-arrocero/>
- CREA. (2024). ¿Qué pasa con el arroz? Recuperado el 15 de julio de 2024, de <https://www.contenidoscrea.org.ar/economias-regionales/que-pasa-el-arroz-n5326982>
- Darbyshire, R., Crean, E., Dunn, T., & Dunn, B. (2019). Predicting panicle initiation timing in rice grown using water efficient systems. *Field Crops Research*. 239, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.05.018>
- Dirchwolf, P. M., Burdyn, L., Fontana, M. L., Pachecoy, M. I., & Kruger, R. D. (2024). Incidencia de *Pyricularia oryzae* en arroz cultivado bajo diferentes sistemas de riego en el norte de Corrientes. *Proyecto Arroz*, 32. Corrientes, Argentina.
- FAO. (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT. 2020. FAO Statistical Pocket Bok. Rome: FOOD & AGRICULTURE ORG.
- FLAR. (2019). Encuesta de monitoreo y seguimiento al sector Arrocero Latinoamericano (EMSAL). Laboratorio económico del arroz para Latinoamérica.
- Fontana, M. L., Sugita, N., Bonell, M. L., Ybarra, D., & Kruger, R. D. (2024). Experiencias de sistemas productivos de arroz alternativos al riego continuo. *Proyecto Arroz*, 32. Corrientes, Argentina.
- IICA, Qualitas AC. (2024). Caracterización y desarrollo de propuestas de política pública que fomenten sistemas arroceros sostenibles, resilientes y de bajas emisiones en Chile (en prensa).
- INEC. (2018). Superficie Sembrada y Cosecha de Arroz, Maíz y Frijol de Bejuco. Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá.
- Instituto Nacional de Semillas. (sf). Arroz 2021-22. Sistema de Información Simplificado Agrícola.
- Moreira, D. 2018. Guía para el establecimiento y monitoreo del cultivo de arroz bajo la metodología del SRI. Sistema Intensivo del Cultivo del Arroz (SRI) Produciendo más con menos en un clima cambiante. República Dominicana.
- Presotto, A. D., Hernández, F., Vercellino, R. B., Kruger, R. D., Fontana, M. L., Ureta, M. S., Crepy,



M. A., Auge, G., & Caicedo, A. (2024). Detrás del origen de arroz colorado en Argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/250376>

Sanchis, E. (2014). Emisiones de gases en el cultivo del arroz: efecto de la gestión de la paja. U de Valencia, España.

Uphoff, N. (2015). Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz (SRI): respuestas a preguntas frecuentes (en línea). Traducido por el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura con la revisión de Díddier Moreira y Kelly Witkowsky. San José, Costa Rica, IICA, SRI-Rice.



Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org