

“SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA¹”



JOSÉ ISAAC MEJÍA GUTIÉRREZ²,

JOSÉ YAU², NELSON OSORIO², MAYKA BARRÍA², AGUSTÍN JIMÉNEZ², BENITO FRANCO², OMAIRA DE RIVERA², BORIS SÁNCHEZ², JOAQUÍN GONZÁLEZ², WALKER GONZÁLEZ², ANDRÉS IBARRA², NOEMÍ CARRASCO², DIANA MADRID², GERMÁN DE LA CRUZ², CARLOS ÁVILA², MAURICIO GARCÍA².

RÍO HATO, 29 DE AGOSTO DE 2024.

¹ RG-T3586 FONTAGRO/410.A.3.14 IDIAP

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP): jose.mejia@idiap.gob.pa



Instituto de Innovación
Agropecuaria de Panamá



FONTAGRO



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Arroz más productivo y sustentable para Latinoamérica

Intensificación sostenible

Tecnológica

Adaptativa

Prácticas Agronómicas

2019

ACTIVO

“PROYECTO: ARROZ MÁS PRODUCTIVO Y SUSTENTABLE
PARA LATINOAMÉRICA”

RG-T3586 FONTAGRO/ 410.A.3.14 IDIAP

ANTECEDENTES

Panamá destaca como uno de los países de la región centroamericana con un elevado consumo per cápita de arroz equivalentes a 70 kilos al año por persona (FLAR, 2024). Ante la variabilidad climática y la necesidad de cambiar métodos de Siembra Convencional (SC) surge el Sistema Intensivo del Cultivo del Arroz (SICA) como una nueva alternativa tecnológica para la agricultura familiar y pequeños productores.



OBJETIVO

Comparar dos sistemas de producción de arroz SICA y SC en fincas de agricultura familiar en Panamá.



MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo entre julio de 2021 y agosto de 2023. La investigación fue financiada por FONTAGRO, con la coordinación técnica del INIA de Chile.

Se establecieron 8 localidades: La Zanguenga, Las Pavas1-2, Olá, Tonosí, Santa Fé, Tanara y Capira

El material genético utilizado fue la variedad de arroz I-FL-69-18.

Se establecieron 16 parcelas experimentales de 100 m² en fincas de productores colaboradores, implementando dos sistemas de manejo del cultivo: SICA y SC

Se evaluaron las características agronómicas de rendimiento y reacción a enfermedades en ambos sistemas durante dos ciclos de siembra (IRRI, 1996), datos climáticos (IHMPA)

Se realizaron análisis estadísticos mediante la prueba "t" de Student, se generaron gráficas y análisis de costo (CIMMYT, 1988)

MATERIALES Y MÉTODOS

Cuadro comparativo entre las labores de la Siembra Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Labores	Tratamiento 1 (SICA)	Tratamiento 2 (SC)
Preparación y adecuación del suelo	Motonocultor, nivelado manualmente y muros con un murador o surcador.	Motonocultor, nivelado manualmente y muros con un murador o surcador.
Selección del cultivar	IDIAP-FL-69-18	IDIAP-FL-69-18
Semillero	Área de 100 m ² se utilizo 50 gramos por bandejas	Área de 100 m ² se gastaron = 1.14 kg aprox.
Siembra	Trasplante 10 ddg	Al voleo manualmente, con la semilla prehidratada
Distancia de siembra	0.25m entre hileras x 0. 25m entre plantas	No tienen dimensionamiento
Nº plántulas por golpe de siembra	1 planta por golpe	Siembra al voleo
Nutrición del cultivo	Compost 110 qq /ha, 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 deshiebador rotativo	Químico (Glifosato 4 L/ha, Bispiribac sodio 0.75 L/ha+ Pendimetalin 3 L/ha + bentazón
Manejo de plagas y enfermedades	Biopreparado Neem+Balo	Químico (Cipermetrina control del Cogollero y del chinche 0.2 L/ha)
Manejo del riego	Riego intermitente	Inundación
Cosecha	115 ddt 85% espigas con granos maduros, humedad a 18-23 %.	115 dds 85% espigas con granos maduros, humedad a 18-23 %

MÉTODOLÓGÍA SICA

1. Selección del terreno

El primer paso consiste en seleccionar un predio limpio, lo más plano posible con pendientes hasta 5% siendo las más adecuadas al cultivo, disponibilidad de agua permanente de buena calidad y que este cerca de la parcela.



MÉTODOLÓGÍA SICA

2. Preparación del terreno

Se inicia con la limpieza, marcación del perímetro de la melga y construcción de los muros. Luego de limpiar la parcela, como mínimo medir y marcar una superficie de 10 metros de largo por 10 metros de ancho (100 metros cuadrados). Si el suelo es de baja fertilidad agregar de 1 a 2 quintales de compost por cada 100 metros cuadrados y mezclar con el suelo.



MÉTODOLÓGÍA SICA

3. Construcción de muros perimetrales

Los muros perimetrales tiene las siguientes funciones: garantizar una buena fundación, reducir la filtración y retener el agua. Estos muros son de forma trapezoidal y tienen las siguientes dimensiones: 50 cm de base, 40 cm de altura y 30 cm de cresta.



MÉTODOLÓGÍA SICA

4. Nivelación de las melgas

La primera nivelación se realiza en seco para corregir los desniveles y destruir los terrones. Luego se llenan las melgas con agua y se realiza una segunda nivelación para terminar de corregir los desniveles y deshacer los terrones.

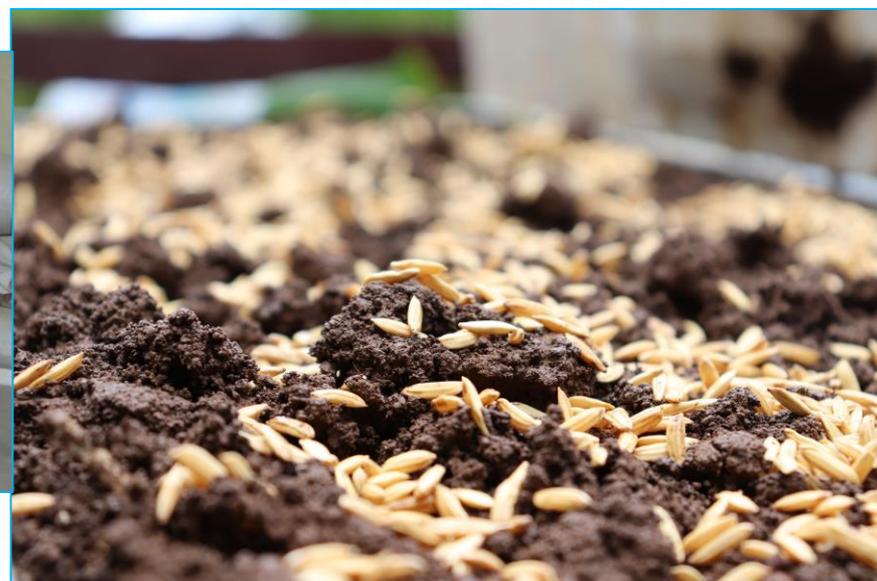


Fuente: Mejía et al, 2024.

MÉTODOLÓGICA SICA

5. Semilla

Se sugiere utilizar semillas con alto potencial de rendimiento, bien adaptadas a diferentes regiones edafoclimáticas del país, con tolerancia a las principales plagas y enfermedades y con buena calidad del grano. La semilla para la siembra debe ser certificada o cuidadosamente seleccionada.



MÉTODOLÓGÍA SICA

6. Tratamiento de la semilla

La semilla para la siembra debe ser mejorada y de buena calidad, y debe ser tratada para garantizar su viabilidad y germinación. El método de gravedad específica se utiliza para seleccionar las semillas sanas que se utilizarán para sembrar las melgas.



MÉTODOLÓGÍA SICA

6. Preparación del semillero

El semillero debe confeccionarse entre los 10 y 15 días antes del trasplante, preferiblemente al lado de la parcela a sembrar y que tenga disponibilidad de agua. Establecer el semillero en camas altas, en cajas de maderas o bandejas de germinación, utilizar sustrato cernido a base de suelo de aluvión y abono orgánico en una relación de 3:1.



MÉTODOLÓGÍA SICA

8. Trasplante manual

Esta actividad se realiza utilizando un rayador de madera o de metal con una separación entre las ruedas o puntas de 25 centímetros. Luego, se realiza el trasplante desprendiendo y separando las plántulas jóvenes con tres y cuatro hojas verdaderas, con una edad entre 8 y 12 días después de la germinación.



MÉTODOLÓGÍA SICA

9. Fertilización

Es importante realizar un análisis del suelo, integrar la eficiencia del uso de los fertilizantes y los requerimientos del cultivo. La fertilización se debe fraccionar en cuatro aplicaciones. La primera con abono completo 12-24-12 (6 quintales por hectárea) y la segunda, tercera y cuarta aplicación con 30-0-20 o urea (5 quintales por hectárea) a los 20, 40 y 50 días después de la germinación.



MÉTODOLÓGÍA SICA

10. Manejo del agua

El sistema de riego intermitente consiste en tuberías o canales para trasportar el agua hacia las melgas, un pozo de observación y un tanque perforado ubicado en el centro de la melga con el objetivo de romper la presión, reducir la velocidad del agua y minimizar la erosión.



MÉTODOLÓGÍA SICA

11. Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas se refiere a mantener el nivel del daño de enfermedades y plagas por debajo del límite económico aceptable y se aplica para el control de malezas, insectos y enfermedades.



MÉTODOLÓGÍA SICA

12. Manejo y control de malezas

Se recomiendan los controles culturales o mecánicos como: el uso de semilla certificada, preparación el terreno, limpieza de las herramientas, densidad de siembra adecuada. También podemos controlar manualmente las malezas con la utilización del deshiebador rotativo.



MÉTODOLÓGÍA SICA

13. Manejo y control de insectos

El manejo y control de los insectos se logra con la identificación y monitoreo continuo en el cultivo, eliminación de malezas hospederas y utilización de biopreparados en forma de infusión a base de hojas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y Balo (*Gliricidia sepium* (Jaq.) Steud).



MÉTODOLÓGÍA SICA

14. Manejo y control de enfermedades

Entre las prácticas culturales para el manejo integrado de plagas y enfermedades se señalan: buena preparación del suelo, nivelación y manejo del riego, uso de variedades resistentes, uso de semilla certificada y tratada, densidad de población adecuada, programa de fertilización balanceada, control de malezas hospederas y rotaciones del cultivo.



MÉTODOLÓGÍA SICA

15. Cosecha

La cosecha se debe realizar cuando el 80% del cultivo tengan dobladas las panículas y por lo menos 2/3 de los granos maduros, con una humedad entre 20 y 25%. La cosecha se puede realizar en forma manual, cortando las plantas al ras del suelo y agrupándolas en pilas para ponerlas a secar en lugar ventilado.



MÉTODOLÓGÍA SICA

16. Manejo post-cosecha

En el manejo post cosecha del arroz intervienen los siguientes procesos: limpieza, secado y almacenaje. Las impurezas se pueden separar por medio del viento o con ventilador. Se puede utilizar el secado natural mediante la acción de los vientos, y de la incidencia directa de la energía solar y para almacenar el grano utilizar los trojes o trojas.



MÉTODOLÓGÍA SICA

17. Preparación del compost

Confeccionar una compostera artesanal de 3 metros largo x 2 metros de ancho x 0.20 metros de altura con madera. La relación que se utilizó fue de 3:1, es decir por tres (3) carretillas de capa seca (hojas secas de frutales, capullos de maíz, cascarilla de arroz), se le adiciono una (1) carretilla de capa verde (hojas de plátano, cáscara de yuca, cáscara de plátano, residuos de malezas); se remojó con agua, se le adicionó un cuarto de levadura, se mezcló y se procedió a compactar .



MÉTODOLÓGÍA SICA

18. Aplicación del compost

El compost estará listo para usarse si cumple con las siguientes condiciones: Material mullido, oscuro, con olor a tierra húmeda y temperatura ambiente. La humedad esta entre 30 y 40%. Tiene una relación Carbono/Nitrógeno entre 12 y 18. Presentan una densidad aparente entre 0.4 y 0.7 gramos por centímetro cúbico. Los valores adecuados de pH deben estar próximos a la neutralidad o ligeramente ácidos.



RESULTADOS

Para el ciclo 2021-2022, los resultados de reacción a las principales enfermedades indicaron baja incidencia en los tratamientos SICA y SC (IRRI, 1996).

Consolidado principales enfermedades del cultivo de arroz. Ciclo agrícola 2021-2022

Nº	Localidad	Productor	Piricularia hoja (BI)		Piricularia cuello (NBI)		Helminthosporiosis (Bs)		Cercosporosis (NBLS)		Escaldado hoja (LSc)		Añublo bacterial (BB)		Hoja blanca (Hb)		Añublo vaina (SHB)		Podrición de la vaina (ShR)		Manchado del grano (GID)		Falso carbón (FSm)	
			SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA
1	La Zanguenga	D. Madrid	1	5	1	5	3	5	1	1	5	5	3	5	1	1	5	3	5	5	3	3	3	3
2	Las Pavas -1	E. Perez	1	5	1	5	3	5	1	1	5	5	3	5	1	1	5	3	5	3	5	3	3	3
3	Las Pavas-2	W. Perez	2	3	1	1	3	3	3	3	5	5	3	3	1	1	5	5	3	3	3	3	1	1
4	Olá	F. Perez	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1
5	Tonosí	E. Alonso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Santá Fé	G. Hernandez	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Tanara	IPT-Mexico-Pma	1	1	3	1	3	1	2	3	3	2	1	1	1	1	3	3	3	1	3	3	3	3
8	Capira	S. Martínez	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Promedio			1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	1	1	3	2	3	2	3	2	2	2
Desviación estándar			1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	0	0	2	1	2	2	1	1	1	1
Intervalo de confianza 95%			1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	0	0	2	1	2	1	1	1	1	1
Prueba t student p-valor			0.27		0.55		0.76		0.85		0.91		0.66		0.62		0.32		0.25		0.60		0.23	

RESULTADOS

Para el ciclo 2022-2023, los resultados de reacción a las principales enfermedades indicaron una baja incidencia en los tratamientos SICA y SC (IRRI, 1996).

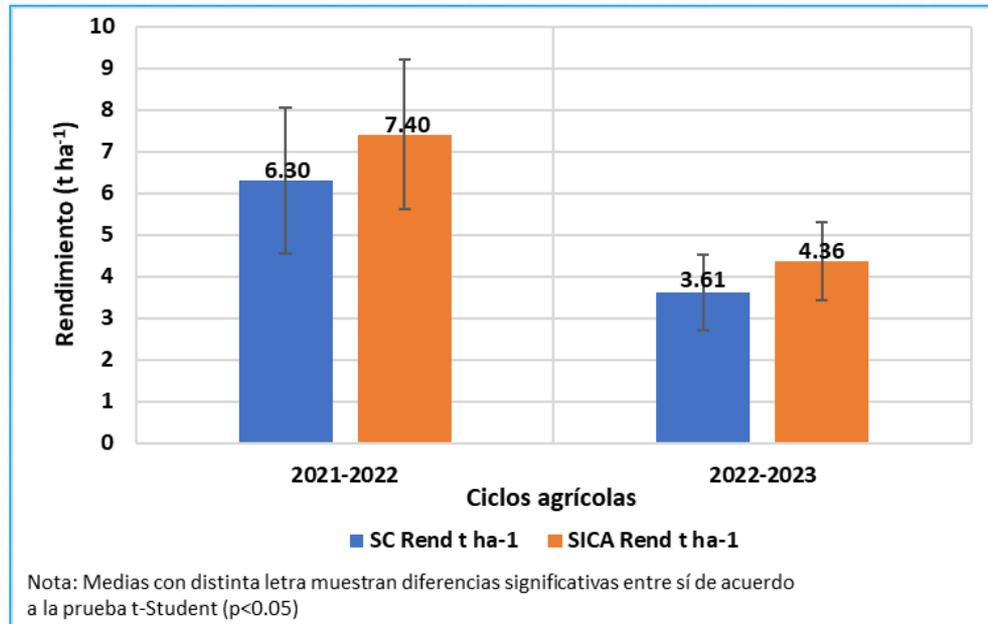
Consolidado principales enfermedades del cultivo de arroz. Ciclo agrícola 2021-2022

Nº	Localidad	Productor	Piricularia hoja (Bl)		Piricularia cuello (NBl)		Helminthosporiosis (Bs)		Cercosporosis (NBLS)		Escaldado hoja (LSc)		Añublo bacterial (BB)		Hoja blanca (Hb)		Añublo vaina (SHB)		Putridión de la vaina (ShR)		Manchado del grano (GID)		Falso carbón (FSm)		
			SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC	SICA	SC
1	La Zanguenga	D. Madrid	1	5	1	5	3	5	1	1	5	5	3	5	1	1	5	3	5	5	3	3	3	3	3
2	Las Pavas -1	E. Perez	1	5	1	5	3	5	1	1	5	5	3	5	1	1	5	3	5	3	5	3	3	3	3
3	Las Pavas-2	W. Perez	2	3	1	1	3	3	3	3	5	5	3	3	1	1	5	5	3	3	3	3	1	1	1
4	Olá	F. Perez	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3	3	3	3	1
5	Tonosí	E. Alonso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Santá Fé	G. Hernandez	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Tanara	IPT-Mexico-Pma	1	1	3	1	3	1	2	3	3	2	1	1	1	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3
8	Capira	S. Martínez	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Promedio			1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	2	2	1	1	3	2	3	2	3	2	2	2	2
Desviación estándar			1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	0	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1
Intervalo de confianza 95%			1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	0	0	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Prueba t student p-valor			0.27		0.55		0.76		0.85		0.91		0.66		0.62		0.32		0.25		0.60		0.23		

RESULTADOS

El análisis estadístico con la prueba “t” de Student indicó que los rendimientos estimados del cultivo de arroz en los tratamientos SICA y SC fueron estadísticamente similares ($P < 0.05$).

Gráfica rendimientos potenciales SICA y SC

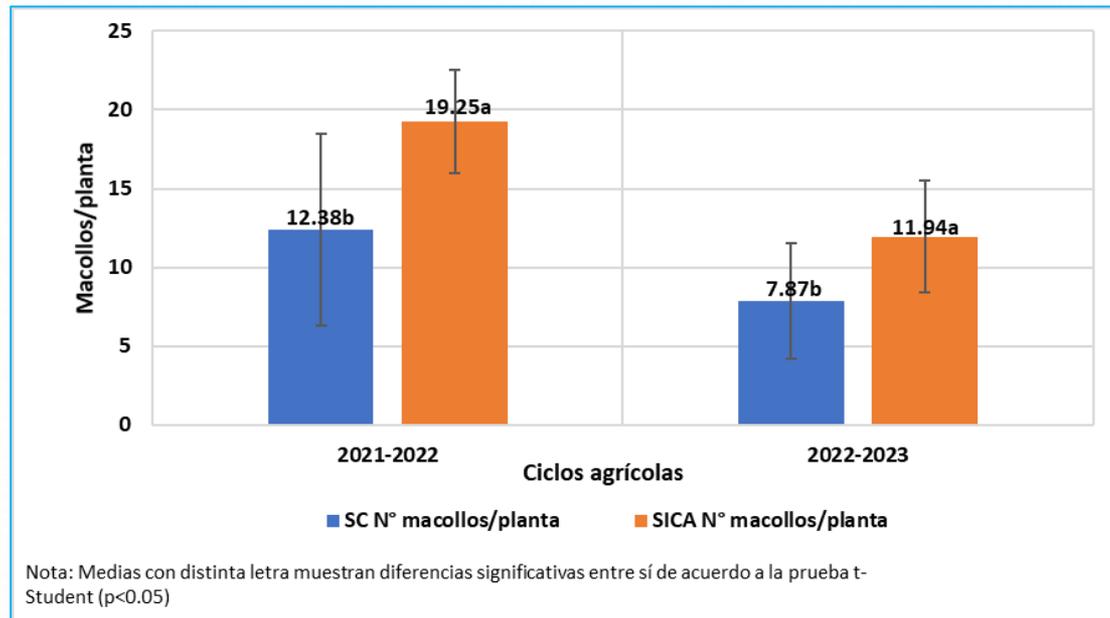


Estadísticos	Rend t ha ⁻¹ SC 2021-2022	Rend t ha ⁻¹ SICA 2021-2022	Rend t ha ⁻¹ SC 2022-2023	Rend t ha ⁻¹ SICA 2022-2023
Promedio	6.30	7.40	3.61	4.36
Desviación estándar	1.74	1.80	0.90	0.94
Intervalo de confianza 95%	1.45	1.51	0.83	0.87
Prueba T-student	0.23		0.12	
Prueba de Levene	0.75		0.83	

RESULTADOS

Los macollos por planta entre los tratamientos SICA y SC fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Gráfica macollos/plantas SICA y SC

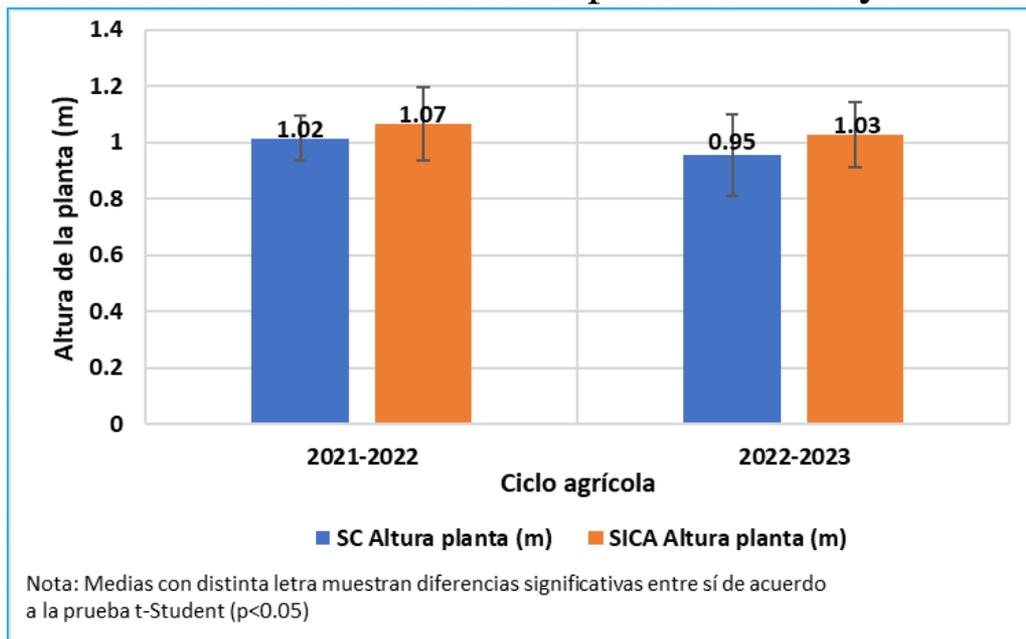


Estadístico	2021-2022		2022-2023	
	N° macollos/planta		N° macollos/planta	
	SC	SICA	SC	SICA
Promedio	12.38	19.25	7.87	11.94
Desviación estándar	6.12	3.28	3.67	3.54
Intervalo de confianza 95%	5.11	2.75	3.39	3.27
Prueba t student p-valor	0.01		0.04	
Prueba de Levene	0.20		0.78	

RESULTADOS

Las alturas de plantas entre los tratamientos SICA y SC fueron estadísticamente similares ($P < 0.05$).

Gráfica altura de las plantas SICA y SC

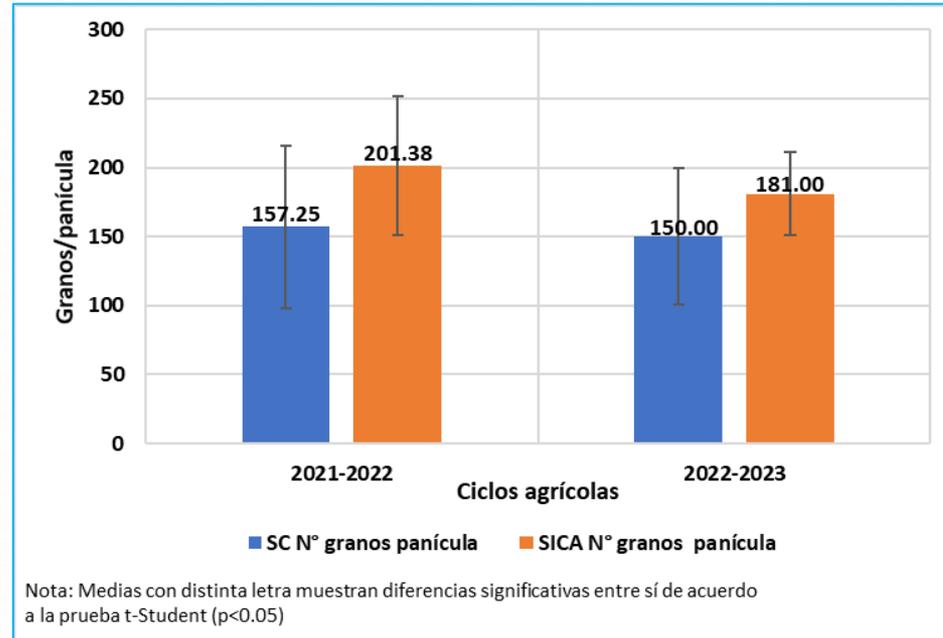


Estadístico	2021-2022		2022-2023	
	Altura planta (m)		Altura planta (m)	
	SC	SICA	SC	SICA
Promedio	1.02	1.07	0.95	1.03
Desviación estándar	0.08	0.13	0.14	0.12
Intervalo de confianza 95%	0.06	0.11	0.13	0.11
Prueba t student p-valor	0.35		0.27	
Prueba de Levene	0.19		0.60	

RESULTADOS

Los granos/panícula entre los tratamientos SICA y SC fueron estadísticamente similares ($P < 0.05$).

Gráfica granos/panículas SICA y SC

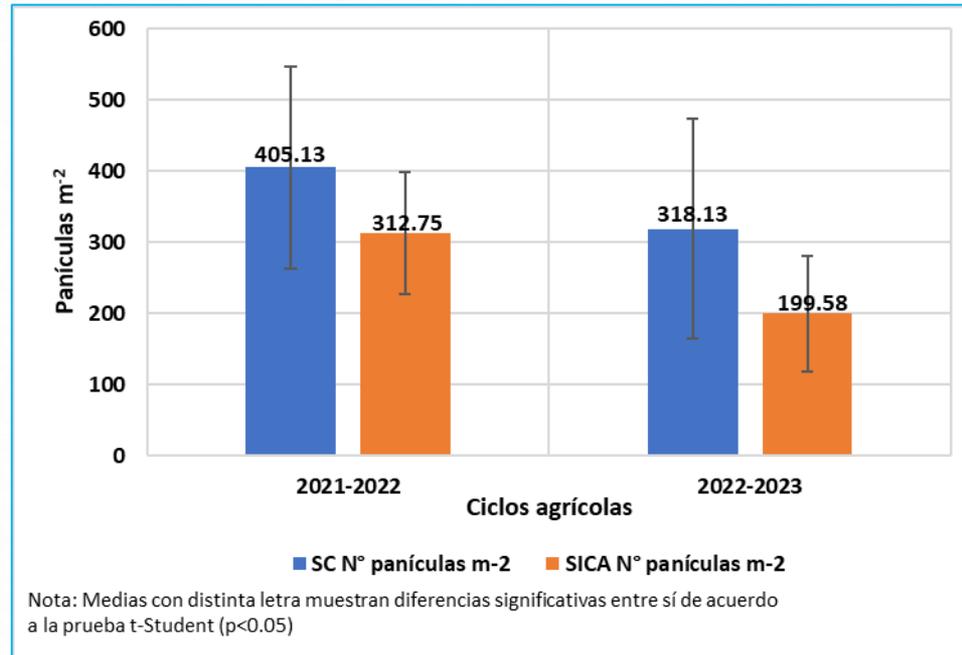


Estadístico	2021-2022		2022-2023	
	N° granos panícula		N° granos panícula	
	SC	SICA	SC	SICA
Promedio	157.25	201.38	150.00	181.00
Desviación estándar	58.84	50.17	49.29	30.03
Intervalo de confianza 95%	49.19	41.94	45.59	27.77
Prueba t student p-valor	0.13		0.15	
Prueba de Levene	0.95		0.19	

RESULTADOS

Las panículas/m² entre los tratamientos SICA y SC fueron estadísticamente similares (P<0.05).

Gráfica panículas/m² SICA y SC

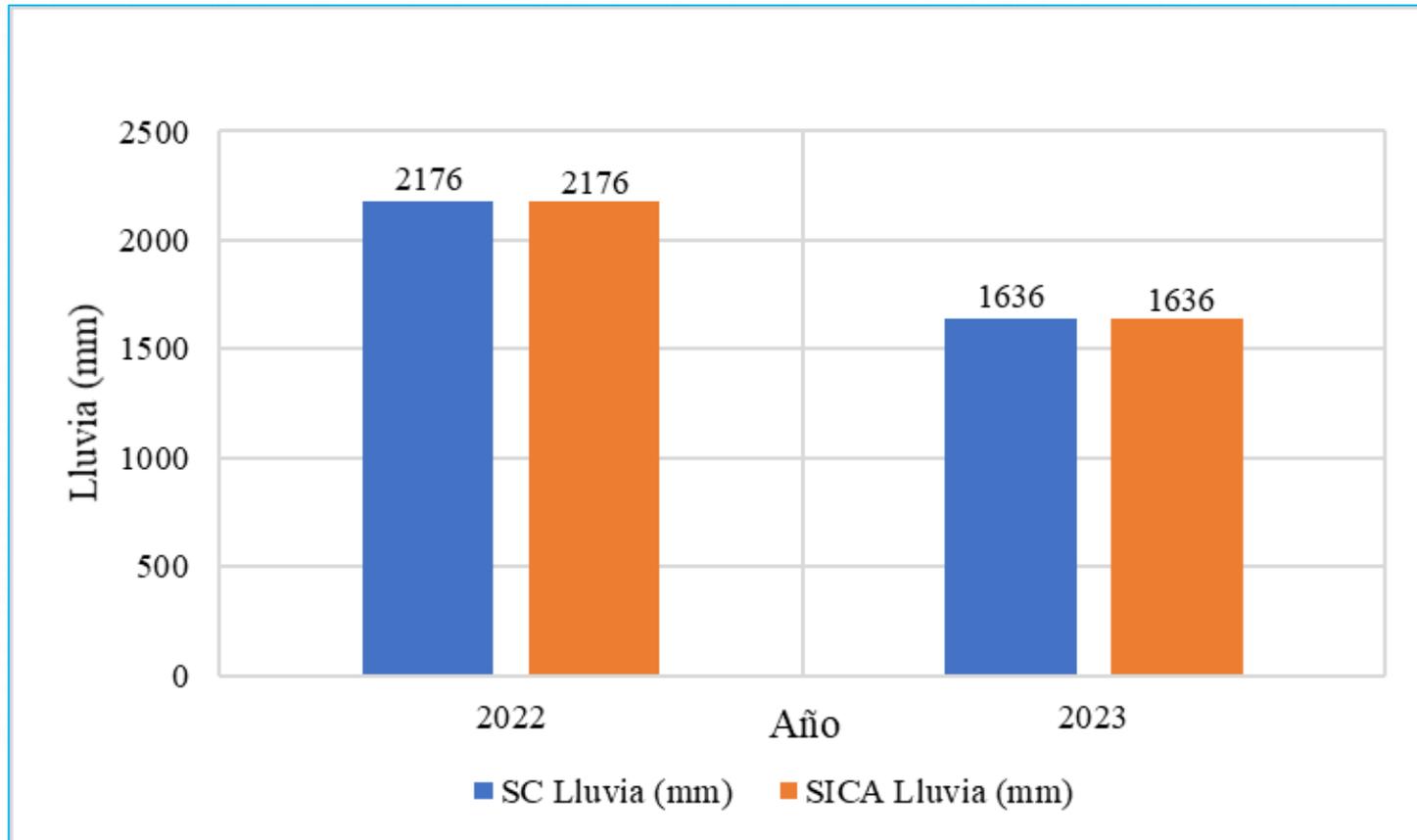


Estadístico	2021-2022		2022-2023	
	N° panículas / m2		N° panículas / m2	
	SC	SICA	SC	SICA
Promedio	405.13	312.75	318.13	199.58
Desviación estándar	142.02	85.62	154.55	81.20
Intervalo de confianza 95%	118.73	71.58	142.94	75.10
Prueba t student p-valor	0.14		0.08	
Prueba de Levene	0.10		0.10	

RESULTADOS

Los registros utilizados muestran el comportamiento promedio de las lluvias (mm) para las ocho localidades y dos años, con una reducción de 540 mm en el año 2023.

Gráfica de lluvia anual acumulada SICA y SC



RESULTADOS

Se estimaron los costos que varían (CIMMYT, 1988) para un ensayo de comparación de dos métodos de siembra SC y SICA, según coeficientes técnicos del MIDA (Marzo 2020). Hay un ahorro del 26% con el SICA.

Cuadro. Resultados de costos que varían para SC y SICA

Detalle	Tratamientos	
	SC (USD /ha)	SICA (USD /ha)
Semilla	255.00	12.00
Fertilizante completo 12-24-12	204.00	204.00
Urea 46 % de nitrógeno	160.00	160.00
Herbicidas	105.30	0.00
Insecticidas	19.50	0.00
Fungicidas	14.00	0.00
Fung.-acar-bact	44.00	0.00
Adherente-dispersante-corrector de pH	10.00	0.00
Nivelador-Rayador- Deshierbador rotativo	0.00	100.00
Mano de obra limpieza de la parcela	182.00	182.00
Mano de obra aplicación herbicida quemante	34.60	0.00
Mano de obra siembra	103.98	103.98
Mano de obra aplicación 12-24-12	138.64	138.64
Mano de obra aplicación úrea al voleo	8.67	8.67
Mano de obra aplicación fungicida -insecticida	4.33	0.00
Mano de obra cosecha	173.30	173.30
Total de costos que varían	1457.32	1082.59

CONCLUSIONES

- Podemos inferir, que la implementación del SICA produjo rendimientos similares al SC evaluado.
- Ante los escenarios de variabilidad climática como la reducción de las precipitaciones, estas pueden generar un impacto negativo en los rendimientos estimados de SC y SICA.
- La parcela SICA utilizó menos semilla y presentó un menor costo en compra de insumos y mano de obra que la parcela SC. Por lo tanto, el sistema SICA se posiciona como una alternativa de adaptación a la variabilidad climática, especialmente en el contexto de la agricultura familiar y pequeños productores.

Por lo tanto, esperando que pongan en práctica todo lo aprendido. Correo electrónico: isaacmejia28@gmail.com



GRACIAS POR SU ATENCIÓN...