

Impacto del sistema intensivo de cultivar arroz (SICA) en el Ecuador

Eison Wilfrido Valdiviezo Freire¹

eison.valdiviezof@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6339-5343>

Universidad de Guayaquil

Guayaquil - Ecuador

Roberto Evaristo Celi Herán

roberto.celi@iniap.gob.ec

<http://orcid.org/0000-0001-9806-2776>

Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias – INIAP

Virgen de Fátima - Ecuador

María Leticia Vivas Vivas

maría.vivasv@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5699-429X>

Universidad de Guayaquil

Guayaquil - Ecuador

RESUMEN

El presente estudio presenta una investigación bibliográfica de trabajos realizados por instituciones de enseñanza superior en el Ecuador sobre el Sistema Intensivo de Cultivar Arroz (SICA). A esta investigación se le añadió la experiencia de los autores siguiendo una secuencia por objetivos. SICA es una práctica de cultivo amigable con el medio ambiente que, a pesar de haber sido introducida en el 2004 y respaldada por varios trabajos de investigación, no ha sido muy difundida entre pequeños y medianos productores. Debido a las posibilidades que SICA ofrece para obtener altos rendimientos de grano, este estudio plantea las siguientes preguntas: ¿Qué se ha investigado en el país sobre el sistema SICA? y ¿Por qué no ha tenido un mayor impacto en su adopción por parte de los productores a pesar de haber sido introducida hace casi dos décadas? Se han realizado estudios comparativos del sistema SICA con el tradicional y se ha demostrado que se adapta muy bien en suelos de diversa textura, sobresaliendo cuando se cultivan en suelos francos. Sin embargo, falta investigación sobre frecuencias de riego intermitente, costos comparativos con el sistema tradicional y validación de tecnologías generadas localmente. Estas últimas pueden ser adaptadas a distintas condiciones agroecológicas (en invierno y verano) como también a dominios de recomendación de los productores arroceros.

Palabras clave: SICA; riego intermitente; arroz; adopción de tecnología; suelos.

¹ Autor Principal

Impact of the system of rice intensification (SRI) in Ecuador

ABSTRACT

This study presents a literature review of work carried out by higher education institutions in Ecuador about the System of Rice Intensification (SRI). This review is enriched with the experience of the authors, following a systematic sequence by objectives. SRI is an environmentally friendly crop practice that, despite being introduced in Ecuador in 2004 and supported by several research works, is not well known among small and medium producers. Due to the possibility of SRI to offer the possibility of obtaining high grain yields, this study raises the following questions: What has been researched in the country about SRI? And why has this practice not been largely adopted by producers despite being introduced almost two decades ago? Comparative studies between SRI and the traditional system were carried out and it was found that SRI adapts very well in soils of different textures, standing out when cultivated in loam soils. However, there is still lack of research on intermittent irrigation frequencies, comparative costs with the traditional system and validation of locally generated technologies. The latter can be adapted to different agroecological conditions (winter and summer) as well as to recommendation domains of rice producers.

Keywords: SRI; intermittent irrigation; rice; technology adoption; soils.

Artículo recibido 15 abril 2023

Aceptado para publicación: 07 mayo 2023

INTRODUCCIÓN

El Sistema Intensivo de Cultivar Arroz (SICA), se basa en el descubrimiento realizado en Madagascar por el sacerdote jesuita francés Henri de Laulanié, en los años 80 quien señalo que “si las plantas de arroz se plantan individualmente, cuando son más jóvenes y se dejan en suelo húmedo, pero no inundado, aumenta enormemente la productividad en las plantaciones” (ReligiónenLibertad, 2021, párr. 3).

El método SICA también llamado por sus siglas en ingles SRI (System of Rice Intensification) fue dado a conocer en Ecuador en el año 2004, por técnicos de la empresa importadora de insumos DelMonte, Universidad de Guayaquil e INIAP, la primera incluso gestionó y pago viajes de reconocimiento a agricultores, técnicos y demás interesados a las zonas arroceras peruanas, donde se practicaba ésta técnica con excelentes resultados.

Una vez transmitidas las experiencias de este método innovador en los campos arroceros por parte de los productores peruanos, el INIAP conjuntamente con la Universidad de Guayaquil y otras que luego se fueron sumando iniciaron estudios con el SICA en el país con variedades locales e introducidas, en las provincias Guayas (Virgen de Fátima, Daule, Nobol y Salitre), Los Ríos (Babahoyo), El Oro (La Cuca - Arenillas) y en Manabí (Rocafuerte), todas en ecosistemas de riego.

En el año 2008 de acuerdo con Cornell University (s.f.) reconoció a Jorge Vicente Gil Chang, que informó por primera vez ensayos el SICA (SRI) en Ecuador, quien reportó incrementos “en los rendimientos de 4,5 ton/ha convencional y 8,8 ton/ha SRI. Entre estas ventajas, se mencionó menos problemas fitosanitarios, incluyendo mejor control del caracol manzana pues el terreno no permanece inundado en la fase vegetativa evitando así el problema” (párr. 1, 3).

Ya ha transcurrido casi dos décadas desde la introducción de este sistema, pero no se dispone de estadísticas del área sembrada con este método, ni del impacto en su adopción por parte de los productores, a pesar de que se conoce que este sistema de producción asegura altos rendimientos y su tecnología es más accesible a pequeños y medianos productores. De acuerdo a lo expuesto se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué se ha investigado en el país sobre el Sistema Intensivo de Cultivar Arroz (SICA)?

- ¿Por qué a pesar de haber sido introducido el SICA hace casi dos décadas no ha tenido un mayor impacto en su adopción por parte de los productores?

Objetivos de la investigación:

- Conocer las tecnologías generadas del Sistema Intensivo de Cultivar Arroz (SICA) en el Ecuador.
- Argumentar por qué el no uso de esta Tecnología

El sistema intensivo de cultivar arroz (SICA)

En el país se lleva más de 100 años produciendo arroz en la forma tradicional de inundación, asociando al arrozal de piscina o bajo agua. “Este tipo de cultivo es el que tiene la huella hídrica más alta del mundo, al requerir unos 1.700 litros de agua para producir medio kilo de arroz, algo insostenible en un escenario de escasez hídrica y cambio climático” (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2021, párr. 2).

Con el SICA “se evita la inundación continua de los arrozales, se sabe que las emisiones de metano (CH₄) en arroz inundado produce altos niveles de éste gas, la no inundación baja los niveles de emisión en un 40 a 60%” (Witkowski, 2017, 1:45-2:02).

Styger (2017) al referirse sobre el sistema SICA señaló:

La metodología está basada en cuatro principios que deben ser implementados de manera temprana, para reducir la competencia entre las plantas, mejorar los suelos con materia orgánica para que la biota del suelo sea más beneficiosa y productiva para las plantas y también disminuir la cantidad de agua de riego para que las raíces puedan respirar y contribuir para que la planta pueda dar todo su potencial, pasos simples con los que se logra una sinergia y la forma en que se implementan en el campo depende de la ubicación y la adaptación en diferentes ambientes. (0:33-1:18)

El arroz *O. sativa* siempre fue considerado por técnicos y agricultores como una planta que se desarrolla en suelos inundados, sin embargo:

La inundación atrofia entre 40 y 60% de sus raíces por la emisión de parénquimas. En lugar de inundación, el SICA utiliza el “riego intermitente”, que permite oxigenar el suelo con la ventaja adicional de favorecer el desarrollo de microorganismos cuyas enzimas facilitan la conversión de los fertilizantes al estado de asimilación, lo que

proporciona al cultivo el vigor para producir mayor número de macollos por planta, lo que se traduce en un mayor potencial productivo del cultivo. (Fernández, 2013, p. 14)

Llamase riego intermitente “al sistema de riego por impulsos llamado también discontinuo o intermitente, consiste en aplicar agua en intervalos de tiempo cortos pero frecuentes, en un mismo periodo de riego” (Ministerio de Agricultura, s.f., p.1).

Mediante simples cambios de prácticas en el manejo de algunos componentes de cultivo con el SICA, se pueden esperar rendimientos de 6 a 8 T/ha, es decir, de 50 a 100 % por encima del promedio mundial. Sin embargo, en ocasiones se presentan rendimientos de 10, 15 e incluso 20 T/ha, muy superiores a lo que algunos científicos consideran un “máximo biológico” (Upoff, 2015, p. 14).

Basado en el párrafo anterior el SICA o SRI, “es una metodología agroecológica y climáticamente inteligente que permite aumentar la productividad del cultivo de arroz y reducir a la vez la cantidad de insumos que toman parte en él, como el agua, las semillas y los fertilizantes” (SRI Global Inc., 2015, párr. 1).

Estudios sobre SICA efectuados por Martín et al. (2010) indican que:

Los resultados demostraron una reducción en la cantidad de semillas a utilizar en el semillero, para un valor de 5 kg. ha⁻¹ en una campaña, representando entre el 35 y 40 % de la que se utiliza en el sistema tradicional de trasplante. Además, se lograron incrementos del rendimiento agrícola de hasta 2.0 t. ha⁻¹; se observó un mayor ahijamiento y desarrollo del sistema radical por planta respecto al testigo. Asimismo, la suspensión del riego al cultivo por 21 días permitió ahorrar 3 300 m³. ha⁻¹ de agua por campaña. (p.1)

MÉTODOS

La información proviene de la experiencia personal de los autores y de la revisión bibliográfica, documental relacionado con el tema de investigación, los cuales fueron tomados de algunas fuentes científicas y de páginas que garantizan la veracidad de la investigación, dentro de los materiales utilizados se tomaron citas, realizaron tablas y figuras en Word y Excel, datos de diferentes fuentes como INIAP e información en repositorios de universidades y documentos de informes de investigación;

el uso del recurso Internet hizo más eficiente la recaudación de información. La investigación es de carácter descriptiva con enfoque cuantitativo, teniendo como búsqueda en sitios como Scielo, Google Académico y plataforma del IICA, vídeos YouTube, etc.

Estudios sobre el SICA en el país

Según información de la SIPA (Sistema de Información Pública Agropecuaria) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2022), en el año 2021 fueron plantadas 342.967 ha de arroz y de éstas se cosecharon 340.281 ha con una producción de 1'504.214 toneladas, con una media de rendimiento de grano paddy de 4,42 T/ha. Estadísticas de siembra con el sistema SICA no existen.

En el Ecuador la mayoría de estudios sobre SICA se han realizado a nivel de trabajos de titulación de pregrado por las Universidades, existe poca información de otras instituciones, los trabajos validativos con los productores lo han hecho algunas instituciones privadas de venta de semillas e insumos agrícolas, sin embargo, mucha de la información de los resultados de esta práctica no está documentada.

Grefa (2014) estudió ocho variedades de arroz con el sistema SICA en dos texturas de suelo (franco arenoso y arcilloso) y encontró que todas las variedades cultivadas en suelo franco arenoso tenían un incremento considerable en número de macollos, panículas/planta, longitud de panícula, granos por panícula, peso de mil semillas, peso de materia seca, volumen radicular y peso de granos/planta en comparación a las cultivadas en suelo arcilloso, tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. *Comparativo de ocho variables agronómicas de plantas de arroz cultivadas bajo el sistema SICA con dos texturas de suelo*. EE. Litoral Sur. INIAP, 2014*

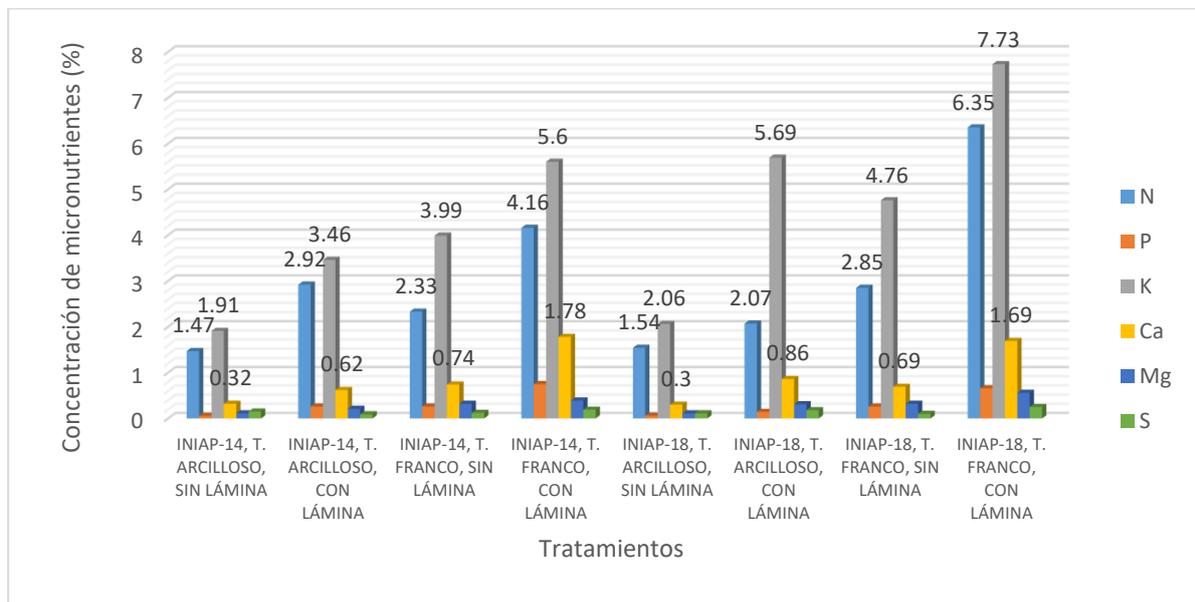
Características	Suelo franco arenoso	Suelo Arcilloso	Incremento (%)	C.V. (%)
No. de macollos/planta	35,41 a ^{1/}	24,79 b	30	18,85
No. de panículas/planta	30,41 a	19,42 b	36	19,56
Longitud de panícula (cm)	24,38 a	22,92 b	6	2,44
Granos/panícula	124,38 a	108,13 b	13	15,10
Peso de mil semillas (g)	26,88 a	24,08 b	10	4,05
Materia seca (g)	115,75 a	63,13 b	45	12,59
Volumen radical (mL)	47,79 a	19,04 b	60	15,42
Peso de grano paddy/planta (g)	52,88 a	22,25 b	58	19,07

Nota: *Tabla modificada del autor original, Grefa, 2014. ^{1/}. Valores señalados con distinta letra dentro de misma hilera difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con Tukey (p<0,05).

Chávez (2014) en su trabajo sobre “estudio sobre el comportamiento de dos variedades de arroz INIAP 14 e INIAP 18, cultivadas en dos tipos de suelo con dos láminas de agua” (constante e intermitente), encontró respuestas agronómicas similares a lo obtenido por Grefa, cuando se cultivaron en suelos francos vs. suelos con textura arcillosa. Además, en su estudio también analizó las concentraciones de los macro elementos en el tejido foliar en ambas variedades, con respecto a las láminas de riego en las dos variedades de arroz, se reportó que las hojas presentaron una mayor concentración de estos elementos en el tratamiento con lámina de agua permanente, con relación a los suelos irrigados de forma intermitente. el orden de concentración fue $K > N > Ca > P > Mg > S$, siendo la variedad INIAP 18 más eficiente en la absorción de elementos (Figura 1). También se registró que en suelos arcillosos regados de forma intermitente (sin lámina) se provocaba un mayor porcentaje de granos vanos (pp. 49, 63).

Figura 1

Concentración foliar de N, P, K, Ca y Mg en dos variedades de arroz cultivada con dos texturas de suelo con dos sistemas de riego (Tradicional e Intermitente). El Empalme, 2014



Nota. Tomado de Chávez, 2014.

En un estudio similar Alvarado (2023), comparando siembras en suelos con texturas arcillosa y franca arenosa, encontró que los tratamientos cultivados en suelos de textura franca arenosa con el sistema SICA presentaron mayor número de macollos, número de panículas/planta, longitud de panículas, peso de 1000 granos y rendimiento de granos/planta (p. 33).

En un estudio con la variedad de arroz INIAP 15 en la localidad de Daule provincia del Guayas por Gavilánez & Nieto (2015), quienes cultivaron mediante el sistema SICA con los distanciamientos de siembra de 0,25 x 0,25 m (T1) y otro con distancia de 0,50 x 0,50 m (T2) y se las comparó con el sistema de trasplante convencional con lámina de agua 0,30 m x 0,20 m con tres plantas por sitio y otros dos tratamientos al voleo con 45 kg/ha y 68 kg/ha de semilla en forma tradicional, cuando se realizaron las siembras a 0,50 m x 0,50 m en el sistema SICA 2 se obtuvo el mayor número de macollos, granos por panícula y rendimiento de grano paddy con 6999 kg/ha, también se obtuvo el menor costo unitario en la producción del kilogramo de grano (USD 0,16) (Tabla 2) (pp. 26 - 29).

Tabla 2

Promedios de rendimiento (kg/ha) y costos unitarios de producción (USD/kg). Daule, 2015

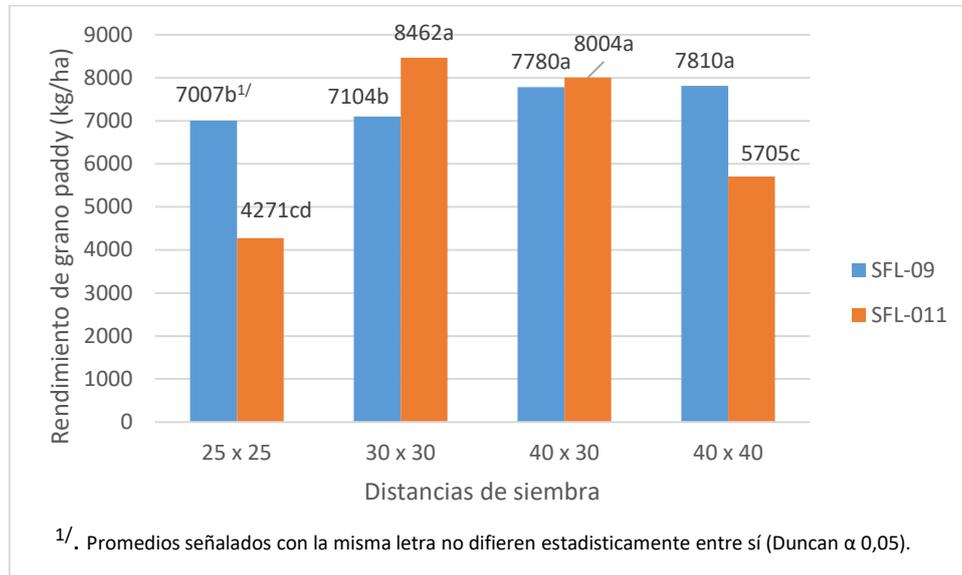
Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Costo de producción unitario* (USD/kg)
T1. SICA 1 (25 x 25 cm)	6476 a	0,18
T2. SICA 2 (50 x 50 cm)	6999 a	0,16
T3. Trasplante tradicional	4586 c	0,27
T4. Voleo con densidad de 45 kg/ha	5311 b	0,21
T5. Voleo con densidad de 68 kg/ha	3626 d	0,32
C.V. (%)	4,1	

Nota. Tomado Gavilánez & Nieto, 2015; ^{1/} Test Tukey (P<0,05). Letras iguales no difieren estadísticamente * Valor sin considerar los costos de cosecha.

En otro estudio efectuado con el sistema SICA en Daule, se encontró que las variedades SFL-09 y SFL-011 produjeron mayor cantidad de panículas por planta cuando fueron cultivadas con las distancias de 0,40 x 0,40 m, mientras que el mayor rendimiento se obtuvo con los factores combinados de SFL-011 cultivados a una distancia de 30 x 30 y 40 x 30 cm con 8462 y 8004 kg/ha, respectivamente, en tanto que la variedad SFL-09 respondió muy bien con las distancias de 40 x 30 y 40 x 40 cm. con 7780 y 7880 kg/ha de grano paddy, en su orden (Figura 2) (Ruiz, 2020, pp. 30, 42).

Figura 2

Rendimiento de grano paddy (kg/ha) de dos variedades de arroz con cuatro distanciamientos de siembra utilizando SICA. Daule, 2020



Nota. Tomado de Ruiz, 2020.

Macías (2015) en su estudio comparativo del sistema tradicional con el SICA, probó cinco variedades de arroz (INIAP 11, INIAP 14, INIAP 15, INIAP 18 y Conejo) en la localidad de Rocafuerte provincia de Manabí, en un suelo arcilloso, encontró diferencias entre variedades siendo la de menor rendimiento la variedad criolla Conejo, sin embargo, cuando se comparó el sistema tradicional y el de intensificación no hubo diferencias en las variables agronómicas y de rendimiento de grano paddy, parte de esta no respuesta se debió a que no hubo un correcto manejo del tratamiento con riego intermitente.

Al respecto Cáceres (2013) estudió el sistema SICA con la variedad de arroz INIAP 15, con una distancia de siembra de 0,25 x 0,25 m, donde investigó tratamientos de edades de trasplante (12 y 20 días después de la siembra) y número de plantas trasplantadas por sitio (una, tres, cinco, siete y diez), dio como resultado que las variables evaluadas de rendimiento de grano, número de macollos y panículas/planta fueron iguales estadísticamente y estuvieron dentro del intervalo de 13 a 17 macollos y de 11 a 15 panículas por planta, estos bajos promedios se debieron a la presencia de lluvias que inundaron el lote experimental y esto sesgó la aplicación del tratamiento con riego intermitente.

Sin embargo, Jiménez (2023), estudiando el sistema SICA en una época óptima para su desarrollo en la localidad de Salitre en la provincia del Guayas, encontró que este sistema presentó los mayores

promedios de número de macollos/planta, número de granos/panícula, número de granos llenos y rendimiento del grano Paddy/ha, respecto a ésta última variable se observó que los materiales de arroz estudiados IBAGUE y GO-04499, respondieron favorablemente en suelos franco arcillosos con el sistema intensivo de cultivar arroz; en resumen el SICA superó con más de dos toneladas al sistema tradicional del productor (Tabla 3), económicamente el tratamiento más rentable fue la combinación del tratamiento de SICA + GO-04499, que dominó a las demás combinaciones de tratamientos.

Tabla 3

Promedios de rendimiento de grano paddy contabilizados al momento de la cosecha de dos líneas de arroz cultivadas en dos sistemas de siembra, Salitre. 2023

Sistema de cultivo	Líneas de arroz		Media
	IBAGUE	GO-04429	
SICA	7238 ^{N.S.}	7909	7574 a ^{1/}
CONVENCIONAL	5188	5741	5465 b
Media	6213 ^{N.S.}	6825	
Promedio general (kg/ha)	6519		
C.V. "a" (%)	16,6		
C.V. "b" (%)	11,6		

Nota. Tomado de Jiménez, 2023; ^{1/} Promedios señalados con letras distintas difieren estadísticamente entre sí (Tukey α 0,05); N.S. No significativo.

Decker (2022) en su estudio fertilización completa (NPK), combinada con basinosteroides, sulfato de amonio y microorganismos en la variedad de arroz INIAP 11, observó que en el sistema SICA no hubo diferencia estadística en los valores de rendimiento de grano en arroz en comparación con el testigo solo con NPK, los rendimientos fluctuaron dentro de un intervalo de 8609 a 8830 kg/ha.

Sarco (2020) estudio la producción del cultivo de arroz aplicando dos sistemas de riego y dos densidades de siembra en Daule-Guayas, en suelo de textura arcillosa, obtuvo un mayor rendimiento de grano cuando se trasplantó tres plántulas por sitio con riego por inundación, este promedio fue igual estadísticamente cuando utilizó el sistema de riego intermitente con tres plantas/sitio (5534 kg/ha); además en su estudio económico obtuvo la mayor relación beneficio costo (1,80) con el tratamiento de riego por inundación con tres plántulas/sitio.

Contrariamente de lo alcanzado en la parte del análisis económico por Sarco, Nieto (2014) en un estudio similar en la parroquia Juan Francisco Aguirre, encontró mayor rendimiento (7,07 Tm/ha) en el tratamiento con el sistema SRI, cultivado con una distancia de siembra de 50 x 50 cm y a su vez también fue el que presentó la mayor relación beneficio costo (1,37).

Problemas con la implementación del SICA

Desde sus inicios cuando se comenzó a investigar el sistema SICA en algunos campos arroceros del país, se encontró con problemas relacionados con la nivelación de suelos, excesiva mano de obra, no había la costumbre de trasplantar plántulas muy pequeñas e individuales y complicaba esta labor, había que mejorar la construcción de los semilleros, también surgían los problemas de control de malezas por las mayores distancias de trasplante, al no hacer uso de riego con una lámina constante de agua, que en cierta forma escapaban a su control y hacia más dificultosa esta labor.

Por otra parte, hasta la actualidad no existe cultura en la práctica de riego intermitente y falta de precisar las frecuencias del mismo, en suelos con diversa textura y además se necesita conocer los costos con relación al sistema de irrigación tradicional a nivel validativo, para conocer si justifica económicamente ésta práctica.

También su implementación se ha visto afectada en la época invierno, especialmente en suelos ubicados en partes bajas y en lugares con deficiente infraestructura de drenajes, motivo por el cual se restringe el SICA en invierno y lo hace más accesible en verano.

En un trabajo sobre estudio de casos realizado sobre manejo agronómico del cultivo de arroz mediante Sistema Intensivo o SRI por Junco (2020) dio a conocer algunos puntos ya mencionados anteriormente para la no adopción de este sistema, los mismos que son:

- Existe temor en los productores arroceros a la implementación de nuevos sistemas de siembra como es el SICA, debido a más comodidad o seguridad aplicando sistemas tradicionales.
- El método de siembra de una plántula por sitio en el trasplante, toma más tiempo y aumenta la mano de obra, por lo que hay un aumento en el costo de la producción.
- Hay mayor porcentaje de germinación de malezas debido a que la siembra en SICA, posee mayor distancia de trasplante que lo tradicional.

- El cultivo en el SICA necesita de mayor cuidado después del trasplante, en razón que al existir una a dos plantas por sitio, estas pueden ser atacadas por insectos, reduciendo drásticamente la población de plantas por unidad de superficie.
- El SICA funciona con terrenos totalmente nivelados, lo cual es adverso a los suelos de nuestro país, no obstante, en el sistema tradicional esto no es un problema.

Para la adaptación de este sistema es ideal la implementación de una buena nivelación del terreno y hacer un buen uso del riego intermitente, además el cultivo se adapta muy bien en suelos francos, las investigaciones de Martín et al. (2010), han demostrado que “hay una mayor disponibilidad de oxígeno, dándole con estas condiciones la posibilidad a las raíces de una óptima toma de O² para su uso posterior en la producción de energía” (p. 73).

Acosta (2011) de acuerdo a experiencias en Colombia señala que:

Aunque en un principio el SICA fue concebido para pequeños y medianos productores, con las adaptaciones, mecanizaciones y demás tecnologías disponibles como la nivelación a laser, las mega producciones de compost con ayuda de maquinaria pesada o con el uso de desmalezadores mecánicos también los grandes productores de arroz pueden llegar a ser muy eficientes y alcanzar beneficios económicos. (pp. 11, 12)

CONCLUSIONES

¿Qué se ha investigado en el país sobre el Sistema Intensivo de cultivar Arroz (SICA)?

En el país se han efectuado estudios comparativos entre el Sistema Intensivo de Cultivar Arroz (SICA) y el sistema tradicional de riego por inundación, donde se ha demostrado las ventajas comparativas en productividad del SICA, se han utilizado algunas variedades mejoradas de arroz con este nuevo sistema y se han demostrado que todas tienen un buen potencial de producción de macollos, panículas y rendimiento de grano paddy, al igual cuando se usan edades de trasplante temprano de las plántulas.

Por otra parte, experimentando el número de plántulas por sitio de trasplante (1, 2 y 3 plántulas) no ha existido diferencias significativas; también estudios comparativos cultivando el arroz bajo el sistema SICA se ha observado que cuando se cultivó en suelos de texturas francas también presentó mayor número de macollos, panículas por planta, rendimiento y calidad de grano.

Se ha encontrado que tanto en suelos francos como en suelos arcillosos la mayor absorción de nutrientes existe cuando el suelo está cubierto con lámina de agua permanente, siendo ideal los suelos francos ya que se produce una mejor absorción nutrimental, las variedades también responden en forma distinta a la absorción de macronutrientes.

¿Por qué a pesar de haber sido introducido el SICA hace casi dos décadas, no ha tenido un mayor impacto en su adopción por parte de los productores?

El agricultor arrocero ha cultivado por más de un siglo mediante el sistema de arroz por inundación, en zonas provistas de abundante recurso agua, está muy familiarizado con sus prácticas, las mismas que han sido enseñadas de generación en generación, la introducción del sistema SICA en sus campos presentó algunos inconvenientes, tales como el trasplante, control de malezas, un mayor empleo del número de trabajadores y sobre todo no existe cultura del manejo de riego intermitente, la nivelación de los suelos también ha sido uno de los mayores inconvenientes y las siembras efectuadas en la época de invierno especialmente en zonas bajas con peligros de inundación.

Como toda tecnología cuando es conocida al principio existen barreras para su adopción, hasta que se demuestre las bondades que ofrece la misma, hay que mejorarla y ajustarla de acuerdo al ámbito de producción en campos de productores arroceros, contando con la plena participación de los mismos; existen algunos componentes tecnológicos investigados por las universidades que son de gran utilidad, pero necesitan ser validados y ajustados de acuerdo a las condiciones agro socioeconómicas de cada lugar.

Recomendaciones para futuras investigaciones y desarrollo del SICA

Hace falta de desarrollar tecnologías de riego intermitente, la implementación de este componente formaría parte de la mitigación del cambio climático reduciendo las emisiones de gas metano e irse preparando para posibles escenarios de la falta de recursos hídricos a futuro y como método de control del caracol manzana, las mismas prácticas de control químico de malezas en forma convencional se las puede adaptar o ajustar a este sistema o mediante el uso de desyerbadores mecánicos, en caso de no querer utilizar herbicidas.

La calidad molinera y la nutrición del cultivo son otros factores que deben ser estudiados bajo este sistema, la finalidad es medir la eficiencia de absorción de nutrimentos por la planta, incluso se puede

medir el efecto de las aplicaciones de fertilizante nitrogenado en suelo seco, con el método desarrollado por Pulvert.

En las zonas altas provistas con suelos nivelados y buen drenaje durante la época invernal se puede cultivar arroz utilizando el SICA con éxito, aprovechando el agua de lluvia y complementándolas con riego, en caso de presentarse inviernos con bajas precipitaciones. En verano puede ser aprovechado en zonas bajas y altas, igualmente con suelos nivelados y adecuados drenajes.

La producción de arroz con el sistema SICA, pareciera estar más accesible para pequeños productores, sin embargo, a medida que se valide y ajusten algunos componentes tecnológicos de este sistema de acuerdo a la inversión de obras de infraestructura para su tecnificación, también puede ser atractivo para el mediano y grande productor.

REFERENCIAS

- Acosta, B. J. (2011). *Evaluación del sistema intensivo de cultivo arrocero (SICA) en el municipio de purificación Tolima* [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca].
- Alvarado, B. J. (2023). *Comportamiento de variedades de arroz cultivadas bajo el sistema SICA en dos tipos de suelo bajo condiciones controladas*. [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- Cáceres, L. (2013). *Efecto del número de plantas y edad de trasplante sobre el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) bajo el sistema SRI*. [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil].
- Cornell University (s.f.). La experiencia en Ecuador con SRI. <http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/ecuador/indexsp.html>
- Chávez M. W. J. (2014). *Estudio sobre el comportamiento de dos variedades de arroz INIAP 14 e INIAP 18, cultivadas en dos tipos de suelo con dos láminas de agua* [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- Decker, A. V. D. (2022). *Respuesta productiva del arroz INIAP 11 (Oryza sativa L.) con diferentes niveles de fertilización química y orgánica bajo el sistema de siembra SRI Salitre Guayas* (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).

- Fernández, A. G. (2013). El Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA) Testimonio de 10 años de experiencia en el Perú. *Revista Leisa* 29(1) 14. <http://bit.ly/3UsAJ2l>
- Gavilánez, F. & Nieto, G. (2015). Comparación del sistema intensivo de cultivo de arroz (SICA) y las formas tradicionales de siembra en la zona de Daule, Provincia del Guayas. *Revista El Misionero del Agro*.
- Grefa, S. M. F. (2014). *Comparación agronómica de ocho cultivares de arroz en dos tipos de suelo el método SRI* [Bachelor's thesis Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2021, 23 de abril). el arroz más austral del mundo se adapta al cambio climático. *IICA*. <https://bit.ly/3moB9dE>
- Jiménez, S. F. (2023). *Comportamiento de variedades de arroz (Oryza sativa L.) cultivadas bajo los sistemas SICA y convencional*. [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- Junco, G. S. J. (2020). *Manejo agronómico del cultivo de arroz (Oryza sativa) mediante Sistema Intensivo o SRI* [Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/>
- Macías, L. J. O. (2015). *Evaluación de cinco variedades de arroz Oryza sativa L. sembrados en el sistema intensivo SRI* [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- Martín, Y. Soto, F., Rodríguez, Y. E., & Morejón, R. (2010). El sistema intensivo de cultivo del arroz (SICA) disminuye la cantidad de semillas para la siembra, aumenta los rendimientos agrícolas y ahorra el agua de riego. *Cultivos Tropicales*, 1(31); p. 70-73. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr10110.pdf>
- Ministerio de Agricultura. (s.f.). Sistemas de riego por gravedad: sistema de riego por caudal intermitente. Proyecto Subsectorial de Irrigación. Hoja de divulgación. http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Chojas%5Criego_caudal_intermitente.pdf
- Nieto, C. (2014). *Aplicación de la metodología "SRI" (System of Rice Intensification) en arroz (Oryza sativa L.), en la parroquia Juan Bautista Aguirre del cantón Daule, provincia del Guayas* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil]. <http://bit.ly/3GyqHqL>
- Ruíz, M., M. J. (2020). *Efecto de tres distancias de siembra en el rendimiento de cultivares de arroz Oryza sativa L. sembrados mediante el método SICA en la zona de Daule, provincia del Guayas* [Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/>

- Religión y Libertad. (2021, 10 de noviembre). El cultivo de arroz inventado por el jesuita Henri Laulané ayuda a los pobres, también en pandemia. <https://bit.ly/41EORYT>
- Sarco, E. W. J. (2020). *Análisis de la producción del cultivo de arroz aplicando dos sistemas de riego y dos densidades de siembra Daule-guayas* [Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador].
- Styger, E. [TVAgro] (2017, 27 de noviembre). *Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz*. [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=BoycNKhPUDI&ab_channel=TVAgro
- SIPA-Ministerio de Agricultura y Ganadería (2022). *Cifras productivas. Principales cultivos 2021*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- SRI Global Inc. (2015). Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz: Produciendo más con menos en un clima cambiante. Aportes técnicos. http://sri.ciifad.cornell.edu/spanish/Aportes_tecnicos%20_SRI_2015.pdf
- Upoff, N. (2015). Sistema de intensificación del arroz (SRI). Respuesta a preguntas frecuentes. http://sri.ciifad.cornell.edu/spanish/IICA_SRI_Preguntas_Frecuentesz_Uphoff042916.pdf
- Witkowski, K. [TVAgro] (2017, 27 de noviembre). *Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz*. [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=BoycNKhPUDI&ab_channel=TVAgro