



Proyecto FONTAGRO

“Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático”

Resultados del uso de maquinarias en el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SRI) en República Dominicana

Pedro Antonio Núñez, Julio César López y Aridio Pérez



REPÚBLICA DOMINICANA

Mayo, 2020

Proyecto FONTAGRO


“Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático”

Resultados del uso de maquinarias en el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SRI) en República Dominicana

Pedro Antonio Núñez, Julio César López y Aridio Pérez

REPÚBLICA DOMINICANA

Mayo, 2020



El material consignado en esta publicación puede ser reproducido por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El Instituto Dominicano de investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) agradece a los usuarios incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se utilice.

Cita correcta:

Núñez, PA; López, JC; Pérez, A. 2020. Resultados del uso de maquinarias en el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SRI) en República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Santo Domingo, DO. 32 p.

AGRIS: F01

Descriptor: Maquinarias; Arroz; SRI; República Dominicana

ISBN: 978-9945-448-09-2

Investigadores:

Pedro Antonio Núñez Ramos
Investigador Titular, Director Centro Norte, Idiaf.

Julio César López
Investigador de Apoyo, Centro Norte, Idiaf.

Aridio Pérez
Investigador Asociado, Centro Norte, Idiaf.

Revisión:

Comité Técnico Centro Norte:
Julio Morrobel, Elpidio Avilés y Carlos Céspedes.

Maquetación y diseño:

Gonzalo Morales

Fotografías:

Pedro Antonio Núñez, Aridio Pérez, Julio César López

Fotografías de portada:

Pedro Antonio Núñez

Mayo 2020



Contenido

PRESENTACIÓN	4
1. Introducción	6
2. Maquinarias y equipos utilizados	8
3. Metodologías y resultados con el uso de maquinarias en el SRI en República Dominicana	12
3.1. Descripción de las maquinarias utilizadas	12
3.1.1 Máquina de construcción de semillero en bandejas (Nursery Automática JK-2500)	12
3.1.2 Máquina trasplantadora de arroz	14
3.1.3 Deshierbadores de uso en plantaciones de arroz	15
3.2 Calibración de la máquina llenadora de bandejas y de la trasplantadora	16
3.3 Prueba de los deshierbadores de uso en plantaciones de arroz	18
3.4. Efectos de la mecanización del SRI sobre los costos e ingresos en la producción de arroz	19
4. Conclusiones	23
5. Recomendaciones	25
6. Agradecimientos	25
7. Referencias	27



PRESENTACIÓN

El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) se complace al poner en mano de los productores de arroz, profesionales agropecuarios, Ministerio de Agricultura de la República Dominicana y otras instituciones públicas y privadas vinculadas al cultivo del arroz, la presente publicación sobre “Resultados del uso de maquinarias en el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SRI) en República Dominicana. Las informaciones contenidas en el documento son el resultado de dos años de evaluación de maquinarias en varias zonas de producción del país.

El SRI consiste en cultivar arroz en un suelo aireado en lugar de arrozales inundados. Se cultivan plantas individuales separadas a distancias amplias y con un patrón definido. Este sistema aumenta el rendimiento y reduce los costos de producción, el consumo de agua y las emisiones de metano. El SRI es una innovación comprobada, practicada por 10 millones de productores con incidencia en más de 4 millones de hectáreas (Uphoff, 2014). Es un sistema agroecológico que se basa en varios principios y prácticas que mejoran la eficiencia en el uso del agua y el suelo, reducen la competencia entre plantas, y aumentan su vigor y resistencia, al permitir la expresión de todo su potencial genético, con los consiguientes beneficios, no solo ambientales, sino también socioeconómicos (Moreira-Mendoza, 2017). La nomenclatura correcta en español es: Sistema Intensivo de Cultivo Arrocero, el cual ha sido ampliamente validado en Asia, África y con algunas experiencias nacientes en países de América Latina y el Caribe (ALC). La introducción de ese sistema en el país ha pasado por diversas fases, una de las cuales incluye la introducción de maquinarias para abaratar costos, sobre todo, en mano de obra, especialmente en siembra y control de malezas.



La República Dominicana cuenta con cuatro regiones importantes para la producción del cultivo del arroz. De acuerdo al sistema de división territorial utilizado por el Ministerio de Agricultura (MA), el país cuenta con ocho regiones agropecuarias: Norte, Norcentral, Noroeste, Nordeste, Este, Central, Sur y Suroeste. Las regiones agropecuarias con mayor porcentaje en la producción de arroz son: La Región Nordeste, con una superficie de 40,409 ha sembradas y 11,059 productores; la Región Noroeste, con 17,036 ha sembradas y 4,889 productores; Región Norcentral, con 15,131 ha sembradas por 3,167 productores y la Región Suroeste, con 9,609 ha sembradas y 5,849 productores. En su conjunto estas cuatro regiones agropecuarias cubren el 96 % de la producción de arroz en el país (IICA, s/f).

Actualmente en el país no se está cultivando arroz bajo la modalidad SRI como tecnología íntegra, sino que se está utilizando la modalidad modificada. Es decir, con introducción de maquinarias para la siembra directa y trasplante, uso de insumos comerciales, manejo de agua intermitente y manteniendo una postura mínima de plantas entre 1 y 3 por golpe.

En el documento se presenta una sección introductoria, una descripción de las maquinarias usadas, la metodología empleada, resultados y discusión, conclusiones y recomendaciones en relación con la introducción y validación de pequeñas maquinarias en predios dedicados a la producción de arroz en la República Dominicana. Es el deseo que, en base a su nivel de detalles, las informaciones presentadas permitan a los tomadores de decisiones, productores y profesionales del agro mejorar el manejo de las plantaciones de arroz, de acuerdo con las características de los suelos, disponibilidad de mano de obra, incidencia de malezas y manejo de agua.

*Ingeniero Rafael Pérez Duvergé
Director Ejecutivo Idiaf*



I. Introducción

El Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA, y en inglés System of Rice Intensification, SRI) consiste en cultivar plantas individuales separadas a distancias amplias y con un patrón definido, en un suelo aireado en lugar de arrozales inundados. Este sistema aumenta el rendimiento y reduce los costos de producción, el consumo de agua y las emisiones de metano. El sistema se originó en Madagascar en 1960 y luego fue difundido por la Universidad de Cornell a otros países de ALC. El SRI es una innovación comprobada, practicada por 10 millones de productores con incidencia en más de cuatro millones de hectáreas. Actualmente se utiliza en más de 50 países (Styger, 2009).

El arroz es de importancia clave en países de ALC por razones económicas, culturales y de seguridad alimentaria, con más de 5.3 millones de hectáreas sembradas en el 2012, en su mayoría por pequeños productores. En República Dominicana, el cultivo del arroz genera aproximadamente 300,000 empleos directos y 800,000 indirectos en un área de siembra de 173,743 ha (Ministerio de Agricultura, 2014). El consumo per cápita nacional de arroz blanco es de 50 kg/año a un precio promedio de USD\$ 1.0/kg.

El mayor impacto de las experiencias SRI en República Dominicana tuvo sus inicios a partir del año 2010, cuando el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) introdujo este sistema de siembra, estableciendo parcelas demostrativas en varias localidades arroceras del país (Arthur, 2015). En 2014 inicia un proyecto sobre SRI ejecutado en Colombia y República Dominicana en el marco de la convocatoria del Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) “Innovaciones para la Adaptación de la Agricultura Familiar al Cambio Climático en América Latina y el Caribe”. El proyecto “Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del

Cultivo Arrocerero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático” fue concebido para validar la metodología del SRI y mostrar sus bondades en la producción arrocerera. Como resultados se ha obtenido la participación de varios productores integrando el sistema SRI en sus campos y la instalación de ocho parcelas demostrativas. En el país, al menos un 5 % de la superficie arrocerera califica para la metodología SRI sin embargo, esta metodología requiere ajustes para ser incorporada y adoptada por muchos productores. En ese sentido, el uso de maquinarias puede facilitar dicho proceso de adopción.

La aplicación de la metodología del SRI comúnmente ha estado asociada al uso intensivo de mano de obra para las actividades de trasplante y control de malezas. Como se trata de un cultivo estacionario y de ciclo relativamente corto, en muchas ocasiones la mano de obra escasea, haciendo más difícil contar con el personal obrero necesario para realizar estas actividades en la República Dominicana. Esto provoca que la mano de obra se encarezca y, con ello, aumenten los costos de producción del SRI. Por esto, en el marco del Componente 2 del proyecto “Cultivar más con menos: adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocerero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático”, se realizó la introducción y validación de maquinarias en fincas arroceras de productores.

Los objetivos del proyecto fueron:

1. Validar el SRI en ALC para familias productoras de arroz y adaptar sus principios en el contexto local aplicando una metodología rigurosa desde el punto de vista técnico.
2. Identificar una forma efectiva de abordar los altos costos laborales en el sistema SRI a través de la mecanización.
3. Aumentar conocimiento y capacidades de investigadores, técnicos y productores de arroz sobre el sistema SRI.

El método SRI ha sido introducido al país en fincas de productores de Restauración, Santo Domingo Oeste, La Vega, Juma Bonaó, Bajo Yuna y Mao. Además, se han introducido modificaciones al SRI con el uso de maquinarias y pequeños equipos. Estos son: desyerbador de tracción humana, desyerbador de combustión interna, máquinas de construcción de semillero y máquinas trasplantadoras. Durante dos años se comprobó la eficiencia de estas maquinarias en la producción SRI, determinando eficiencia y costos.

Los objetivos específicos del uso de maquinarias en SRI fueron: Determinar la densidad de población y espaciamiento más cercana a lo recomendado en SRI (1 planta por golpe en un marco de por lo menos 25x25 o 30 x 30 cm); determinar el punto de trasplante ideal de menos falla por postura; y probar distintos desyerbadores en parcelas demostrativas en fincas de productores.

En este documento se presenta la descripción de las maquinarias usadas en el proyecto, así como los resultados de su evaluación y adaptación al SRI. Se enfatiza la construcción de semilleros, trasplante y control de malezas mecanizado.



2. Maquinarias y equipos utilizados

En República Dominicana, el control de malezas en arroz ha estado típicamente dominado por el uso de herbicidas químicos en el sistema convencional. Mientras que otras modalidades de control son empleadas en el SRI, tales como: control manual; control con equipos de tracción humana o con pequeños equipos de combustión interna adaptados para el control de malezas.

Por otro lado, las trasplantadoras típicamente usadas en la región están diseñadas para agarrar plantas con más días de edad que lo sugerido para el SRI (10 a 12 días), colocar más de una plántula a la vez, y trasplantarlas en un espacio menor que lo recomendado de 25 x 25 cm. Lo anterior implica altas densidades de plantas en el lote, facilitando la competencia entre las mismas por luz, nutrientes y espacio; disminuyendo el potencial de macollamiento e incrementando los problemas fitosanitarios. Con esto se reduce la productividad en la plantación de arroz. Sumado a lo anterior, los semilleros establecidos en bandejas para ser empleadas en la trasplantadora se confeccionan con altas densidades, favoreciendo que la máquina coloque gran cantidad de plantas por punto de siembra y aumentando innecesariamente la cantidad de semilla requerida para establecer la plantación, implicando mayor costo por este insumo. Por su parte en parcelas SRI, hasta el momento se ha trabajado con trasplante manual, que ha implicado altos costos de mano de obra y dificultad para encontrar obreros que realicen dicha labor.

En el marco del proyecto, en República Dominicana el primer ciclo del cultivo SRI en el país, se realizó por siembra manual con el uso de marcadores del terreno con rodillos, a una distancia de 25 cm e impulsados manualmente (Figura

1). Para el control de malezas se usó el “Zig Zuag” o desyerbador manual, una herramienta de fabricación local (Figura 2), tomando como referencia modelos asiáticos.

A partir de segundo ciclo del proyecto, con la finalidad de poder escalar la producción de arroz bajo la metodología del SRI, se procuró la mecanización de las diferentes labores para reducir los costos incurridos en el primer ciclo. Así, en República Dominicana, se identificaron diferentes posibilidades de uso de maquinarias y equipos para trasplantar y controlar malezas, procedentes de diferentes empresas de los EE. UU y Asia. En ese sentido, se evaluaron las opciones de adquisición y las diversas alternativas para tenerlas disponibles en el país.

La decisión fue utilizar los equipos de fabricación y tecnología coreana, excepto el desyerbador de tracción humana que es una tecnología del International Rice Research Institute (IRRI). Los equipos fueron adquiridos con la colaboración de la compañía de Fertilizantes Santo Domingo (FERSAN). Las máquinas y equipos adquiridos fueron:

- Dos trasplantadoras de 4 hileras KUKJETBS RR-4B [Figuras 3 y 4].
- Dos deshierbadores de tres hileras (JRT-3S-318) [Figura 6].
- Una llenadora de bandejas automática (Nursery JK-2500) [Figura 5]
- 500 bandejas plásticas de 60 x 30 x3 cm [Figuras 7 y 8].



Figura 1. Marcado de terreno con rodillo a 25 x 25 cm.



Figura 2. Uso de desyerbador mecánico “Zig Zuag”.

Figura 3. Resultados del uso de maquinarias en el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SRI) en República Dominicana.



Figura 4. Modelo de trasplantadora adquirida en labores de siembra.

Figura 5. Llenadora automatizada de bandejas con sustratos.



Figura 6. Desmalezadora motorizada, adquirida por el proyecto.



Figura 7. Distribución de semillas por la llenadora de bandejas.

Figura 8. Bandejas en secuencia de menor a mayor densidad.





3. Metodologías y resultados con el uso de maquinarias en el SRI en República Dominicana

3.1. Descripción de las maquinarias utilizadas

3.1.1 Máquina de construcción de semillero en bandejas (Nursery Automática JK-2500)

En la Figura 9 se observa la máquina de construcción de semilleros en bandeja cargada con los sustratos para iniciar el proceso de llenado de las bandejas. El proceso incluye colocar en las bandejas las semillas de arroz ya punteadas.

Nursery Automática JK-2500, es una máquina eléctrica de 220 voltios de dos velocidades (alta y baja) con tres tolvas de alimentación para la construcción de semillero (substrato de cama, distribuidor de semilla, y tapado de semilla), con dos motores eléctricos, y transmisión de movimiento horizontal por cadena y piñones. Entre la tolva de la semilla y la tolva de tapado de la semilla hay un recipiente con agua, al cual se le acopla una fuente de alimentación. Este recipiente está provisto de una válvula de entrada acoplada a una boya que cierra el suministro de agua a determinado nivel. Esta agua cae por gravedad en forma de regadera por tubos de PVC hacia las bandejas, permitiendo de esta forma humedecer el sustrato para facilitar la germinación de las semillas.



Figura 9. Ciclo completo de llenado de bandejas con sustratos.

Cada tolva tiene diferentes graduaciones que permiten controlar la administración de su contenido. La tolva de semilla tiene 6 graduaciones de salida y 10 graduaciones de distribución. Debajo de cada tolva se colocan recipientes que recogen los sobrantes de sustrato o semilla que pueden ocurrir por la interrupción de la alimentación de bandejas en el equipo. Además, el equipo cuenta con cinco posiciones para la distribución de semillas en la bandeja (1, 2, 3, 4 y 5). También, cuenta con dos velocidades (1 y 2), siendo la 1 más lenta.

Este es un equipo que permite: a) colocar el sustrato en bandejas de 30 x 60 x 3 cm, que constituye la base en la cual germinará la semilla, b) distribuir uniformemente las semillas en las bandejas y c) cubrirlas de forma tal que estén listas para el proceso de germinación. Una vez que las plántulas se encuentren con la

edad y condición de desarrollo adecuado (con dos hojas verdaderas, lo cual se logra entre los 10 y los 12 días después de la germinación), estas pueden colocarse en la trasplantadora para iniciar el proceso de establecimiento de la plantación de arroz en el campo.

Para el caso particular de la República Dominicana, se requieren de cuatro hombres para operar la unidad en forma eficiente en la velocidad baja y cinco personas con la velocidad alta de trabajo. Esta cantidad de personal es cuando se requiere preparar grandes cantidades de bandejas para grandes áreas, ya que el proceso de llenado de las bandejas es continuo, y las personas que, además tienen que ir acomodando las bandejas, requieren descanso. En caso de pequeña cantidad de bandejas a preparar, con tres personas sería suficiente.

El valor de adquisición de este equipo fue de US\$4,400.00 (Cuatro mil cuatrocientos dólares americanos), incluyendo los impuestos y transporte puerta a puerta a la República Dominicana.

3.1.2 Máquina trasplantadora de arroz

En el proyecto se compró una trasplantadora de 4 hileras KUKJET TBS RR-4 (Figura 10), la cual cuenta con un motor a gasolina de 4.5 HP de cuatro tiempos que genera y da potencia a las partes que realizan la labor de trasplante. Cuenta con dos velocidades hacia adelante y dos hacia atrás (reversa) y cuatro hileras de trasplante simultáneo. La distancia entre hileras es de 30 cm y entre plántulas es variable: 16,18 y 20 cm. La cantidad de posturas varía desde una (1) hasta 30 plántulas, dependiendo de la densidad de población logradas en las bandejas.

La máquina está provista de un sistema hidráulico que le permite la elevación del suelo, facilitando su transporte a corta distancia y el paso por zonas elevadas entre las áreas de producción (muros). Según el IRRI (2003) y el CSISA (2011), el sistema de trasplante mecanizado de arroz es el proceso de trasplante de plántulas de arroz establecidas previamente en una bandeja o vivero tipo alfombra. Dichas plántulas son sembradas con un espaciamiento predeterminado, con la colaboración de una máquina autopropulsada, en un terreno que previamente fue preparado para crear una consistencia lodosa.

El precio de adquisición de cada trasplantadora fue de US\$3,600.00 (Tres mil seiscientos dólares americanos), incluyendo los impuestos y transporte puerta a puerta a la República Dominicana.



Figura 10. Máquina trasplantadora de 4 hileras KUKJET TBS RR-4.

3.1.3 Deshierbadores de uso en plantaciones de arroz

Los deshierbadores de arroz JRT-3S-318 (Figura 11), con motor de gasolina de 1.5 HP, son de dos tiempos, por lo que emplea una mezcla de combustibles y aceite 2T en relación de 20 a 1, siendo el motor el generador de la potencia que se transmite por un eje que proporciona movimiento a las ruedas escardadoras. Para realizar la actividad de desmalezamiento y movimiento de suelo, la labor se realiza con tres hileras al mismo tiempo, a una profundidad de trabajo que varía de 2 a 5 cm dependiendo del tipo de suelo y el contenido de humedad presente.

El precio de adquisición de cada deshierbadora fue de US\$1,750.00 (mil setecientos cincuenta dólares americanos), incluyendo los impuestos y transporte puerta a puerta.



Figura 11. Máquina deshierbadora de arroz de gasolina de tres hileras.

3.2 Calibración de la máquina llenadora de bandejas y de la trasplantadora

La cantidad de plantas por golpe que la máquina trasplantadora coloque en el campo dependerá, entre otros factores, de la densidad de plantas producidas en las bandejas en el semillero. Por eso, la calibración de la máquina llenadora de bandejas se realizó en combinación con la calibración de la máquina trasplantadora para ajustarlas a los requerimientos de SRI (una planta/golpe); es decir que se pueda ajustar la maquinaria para lograr un número de plantas por golpe, lo más próximo a una (1) planta por golpe en el campo al momento de la siembra con la trasplantadora, que sería la siembra SRI mecanizada ideal. A continuación, se describe el proceso llevado a cabo.

1. Precalibración de la máquina llenadora de bandejas, usando semillas hinchadas sobre bandejas sin sustratos. Esta precalibración tuvo como propósito determinar en qué posición de la tolva de semilla y a qué velocidad de la máquina se obtenía una cantidad de semilla aproximada a la usada en el SRI. Para la prueba se usaron 50 bandejas (10 por cada posición de distribución de semillas evaluada, 5 en la velocidad 1 y 5 en la velocidad 2). Para determinar la cantidad de semilla utilizada, se pesaban las semillas por bandeja distribuidas por cada posición y cada velocidad de la llenadora. Preliminarmente, se determinó que la posición 2.5 y la velocidad 1 (lenta) fue la combinación
2. Calibración de la máquina llenadora de bandejas usando semillas hinchadas sobre bandeja con sustratos. Como sustrato para la germinación de las semillas se definió una mezcla a base de suelo limoso tamizado (75 %) y ceniza de cascarilla de arroz (25 %). Se probaron las posiciones 0.5, 1.5, 3, 3.5, 4 y 4.5. En cada posición se llenaron 10 bandejas. Terminado el proceso de distribución de las semillas en las bandejas, estas fueron colocadas sobre piso de cemento para su germinación y desarrollo (Figura 12 y 13). Este proceso tardó aproximadamente 15 días por efecto de baja luminosidad y restricciones del uso de cemento sobre el comportamiento de las raíces. Se observó que el mejor desarrollo de plantas, así como distribución de semillas y manejo de la alfombra o tapete para enrollar se obtuvo en una posición intermedia entre las posiciones 2 y 3.
3. Pruebas con la máquina trasplantadora. Una vez las plantas en las bandejas estuvieron listas para el trasplante, se procedió a formar los colchones o rollos de plantas para realizar la siembra en el campo con la máquina trasplantadora (Figuras 14 y 15). Se observó que la posición intermedia 2.5 produjo la mejor distribución de semilla y desarrollo de las plantas, en las pruebas con la trasplantadora.



Figura 12. Establecimiento de semillero SRI de arroz de la variedad Quisqueya, en Juma Bonaó, para producir el colchón de plantas.



Figura 13. Colchón de plantas en crecimiento en un semillero de la variedad de arroz Jaragua en Juma Bonaó.



Figura 14. Arranque del semillero SRI para el trasplante mecanizado en forma de colchón de plantas enrollado, en Juma Bonaó.



Figura 15. Trasplante de arroz (colchón de plantas) a baja densidad de población en finca del productor Hitler Fuertes, Ranchito, La Vega.

La máquina trasplantadora tiene 10 posiciones de siembra, que permiten definir la densidad de plantas por golpe, siendo creciente la abertura de siembra. Para determinar la cantidad de plantas por golpe se usaron colchones de siembra de cuatro bandejas por posición, para unas 40 bandejas en total. En cada sección de siembra, se tomó 10 puntos al azar para realizar un conteo de plántulas por postura. En la posición 3 de la máquina se logró una menor cantidad de plantas sembradas por postura (1 a 3). En esa prueba preliminar se utilizaron colchones de siembra generados con la posición 2.5 de la máquina llenadora de semilla, es decir, con una densidad de semilla por bandeja igual a 187 g de semillas por bandeja.

En todas las pruebas fueron usadas semillas de arroz de calidad, libre de granos rotos, vanos y con otros defectos. Antes de ser colocadas en la tolva de semilla de la máquina llenadora de bandejas, las semillas fueron sumergidas en una solución salina hasta que estas fueran embebidas (hinchadas); luego se seleccionaron las semillas más pesadas. Los resultados fueron:

- Colchones con la posición 2, con 122g de semillas hinchadas/bandeja. Se usaban unas 13 bandejas por tarea (208 bandejas/ha). Siembra con muchos espacios vacíos sobre el suelo.
- Colchones con la posición 3, con 163g de semillas hinchadas/bandeja. Se usaban unas 11 bandejas por tarea

(176 bandejas/ha). Siembra con menos fallas en el terreno.

- Colchones con la posición 3.5, con 187g de semillas hinchadas/bandeja. Se usaban 13.5 bandejas por tarea (216 bandejas/ha). Siembra uniforme y con mayor rapidez, donde los colchones no se rompen por baja densidad.
- Colchones con la posición 4, con 212 g de semillas hinchadas/bandeja. Se usaban unas 15 bandejas por tarea (240 bandejas/ha). Siembra con menos fallas, pero con exceso de plantas en cada punto de siembra en el terreno.

Se determinó que con el uso de colchones de siembra producidos con la posición 3.5 de la tolva de la máquina llenadora de bandejas y la máquina trasplantadora en la posición 3 se obtienen los mejores resultados. Con esta combinación se logra tener entre una y tres plantas por golpe durante el trasplante. La cantidad de semillas necesaria para sembrar una hectárea fue 40.4 kg, usando unas 216 bandejas/ha. Este resultado está próximo a lo reportado por IRRRI (2003), quien indica que para el sistema de trasplante mecanizado se requiere aproximadamente 32 kg/ha de semilla. En comparación con el sistema convencional de trasplante, que requiere entre 90 y 160 kg/ha, esto implica una reducción en los costos de producción por este concepto.

La capacidad de cada máquina trasplantadora es de tres hectáreas diarias, de acuerdo con el fabricante, pero esto depende de la habilidad del operador. La capacidad de trasplante logrado en la República Dominicana fue de 1 a 1.5 ha, con un consumo de combustible de 1 a

1.5 galones, en una jornada de 8 horas de trabajo. Su eficiencia está sujeta a la pericia del operador y la profundidad del suelo arrocero, disminuyendo en la medida que el suelo sea más profundo.

3.3 Prueba de los deshierbadores de uso en plantaciones de arroz

El control de malezas con estas máquinas se realizó entre los 21 a 27 días después del trasplante, en suelos saturados con una pequeña lámina de agua. Se usó un área de 4,000 m² para las demostraciones de eficiencia y consumo de combustible, así como los costos de mano de obra. El consumo de combustible fue de 2 galones en el primer paso y 660 cc de aceite dos tiempos, a los 21 a 27 días. El segundo paso, fue a los 7 días después del primero, con un consumo de 1.5 galones y 400 cc de aceite dos tiempos. En ambos casos el costo de mano de obra fue de 20.83 USD por jornada en 4,000 m². Las malezas más abundantes fueron los arroces indeseables y malezas residuales. La eficiencia de control fue de 90 %, requiriendo la intervención manual, esto atribuido a las posiciones de las malezas entre plántulas, lo que impidió su control. La debilidad del equipo es el eje central, que en el suelo duro requiere más potencia y esto calienta el motor, produciendo rompimiento de piezas internas. Esto fue corregido sin mayores complicaciones al colocar y soldar un material de hierro más resistente en esta parte del equipo, como refuerzo.

El equipo mostró una capacidad de trabajo entre 0.7 y 0.8 ha/8 horas de labor para el primer pase y 1 ha en el segundo pase, con un consumo de 0.80 a 1 galón

de combustible en el primer caso y de 0.6 a 0.8 galón en el segundo caso.

Su labor se optimiza con malezas en estado herbáceo y suelos con una ligera lámina de agua de 2.5 cm, colocada 48 horas antes de realizar la labor. Esta labor está dirigida a arrozcos dehiscentes y maleza residuales, evitando de esta forma el uso de herbicidas.

3.4. Efectos de la mecanización del SRI sobre los costos e ingresos en la producción de arroz

La mecanización del cultivo de arroz bajo la modalidad SRI modificado tuvo un gran impacto en los costos de SRI comparado con el SRI manual. El SRI mecanizado ahorra 36 % de los costos en Colombia y 10 % en la República Dominicana en comparación con el sistema convencional (Reporte final del proyecto, 2018), los resultados por ciclos no son mostrados en el estudio.

En la República Dominicana en los ciclos de producción 2 y 3 con el empleo de maquinaria para realizar estas labores se redujeron en un 10 % los costos, al compararlo con el establecimiento de SRI de forma manual y en un 11 % con respecto al sistema convencional (Ver tablas 1 y 2 tomadas del reporte final del proyecto del 2018). Por su parte, los ingresos promedio para los tres ciclos se vieron incrementados en un 9 % en favor del SRI con respecto a los sistemas de producción convencional en la República Dominicana. Los costos fueron mayores en el sistema de siembra manual en comparación con el sistema mecanizado, mientras que los ingresos fueron invertidos.

En República Dominicana el costo de mano de obra para la siembra es muy alto, más lento y, sobre todo, mucha competencia para la contratación de dicho personal, razón por la cual la siembra mecanizada utiliza menor mano operaria y la cantidad de terreno a sembrar en el día aumenta, estas razones hacen que los costos sean menores en siembra mecanizada. Además, la mano de obra haitiana es la más frecuente en la zona y muchas

Tabla 1: Diferencias entre SRI manual y SRI mecanizado (promedio por parcela).

Valores en USD*/Ha	Parcelas evaluadas (8)		
	Manual (3)	Mecanizadas (5)	% Diferencias
Costos	1,445.0	1,296.0	-10.3
Ingresos	3,035.5	2,292.2	-24.5
Utilidad	1,590.5	996.2	-37.4

Fuente: Reporte final del proyecto Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático. *.La tasa de USD a pesos dominicanos promedio fue de 47.7.

Tabla 2. Impacto de la mecanización - parcelas convencionales vs SRI establecidas de forma manual y mecanizada/ha.

USD	Parcelas convencionales vs SRI contemplando todas las parcelas			Parcelas convencionales vs SRI sin contemplar las parcelas con problemas de manejo			Parcelas convencionales vs SRI establecidas de forma manual**			Parcelas convencionales vs SRI establecidas de forma mecanizada		
	Conv.	SRI	% diferencia	Conv.	SRI	% diferencia	Conv.	SRI	% diferencia	Conv.	SRI	% diferencia
Costos	1476.4	1351.9	-8.4%	1452.2	1310.6	-9.8%	1517.5	1445.0	-4.8%	1452.0	1296.0	-11%
Ingresos	2667.1	2570.9	-3.6%	2256.0	2465.0	9.3%	3543.7	3035.5	-14.3%	2141.0	2292.0	7.1%
Utilidad	1190.7	1219.1	2.4%	804.6	1154.4	43.5%	2026.2	1590.5	-21.5%	689.0	996.0	45%

* Se incluyó las parcelas con problemas de manejo

veces no tienen la experiencia, haciendo que los productores tengan que resembrar, lo que también aumenta los costos.

Al observar los ingresos en los sistemas manuales y mecanizados se puede derivar que el sistema por trasplante manual tuvo mayores ingresos promedios en el ciclo I en RD, lo que podría ser atribuido a una preparación inadecuada de los suelos para la siembra mecanizada, provocado por la intensificación del sistema de fangueo, lo que impidió un rápido enraizamiento y plantas sumergidas debido al tamaño y debilidad de las plántulas al momento del trasplante. Esto ocasionó una alta mortalidad de plántulas y efectos en los beneficios netos.

En la RD, el uso de maquinaria en SRI permitió ahorros, especialmente en la cantidad de semilla usada, y pagos de mano de obra de forma directa. Así, los costos totales en el SRI mecanizado fueron 10 % que en SRI establecido manualmente; y un 11 % menores con respecto al sistema de producción convencional.







4. Conclusiones

Se ha logrado poner en operación y calibrar los equipos y maquinarias adquiridas para el proyecto “Cultivar más con menos en República Dominicana”, con lo que se podría esperar una disminución de los costos alcanzados en el primer ciclo del proyecto por concepto de mano de obra en trasplante, control de malezas y aireación, el cual constituye la principal limitante para la aceptación y éxito de la metodología del SRI en el país y Latinoamérica. La mecanización del cultivo en la modalidad SRI modificado tuvo un gran impacto en los costos comparado con el SRI convencional. El SRI mecanizado ahorra en promedio 10 % en la República Dominicana, incluyendo unas cinco parcelas de validación y dos ciclos. Los resultados hacen claro que el desafío principal con escalar el SRI en la región es el alto costo de mano de obra, lo cual puede ser superado con la mecanización de acuerdo con los resultados mostrados.

El proyecto inició con siembra manual y como recomendación técnica se adaptó a la siembra mecanizada por razones de costos, obteniéndose excelentes resultados con la adopción de la tecnología por los productores. Otro logro fue la incorporación de desyerbadora motorizada y uso de herramientas de tracción humana. Tanto para los investigadores como para los productores este tipo de maquinaria es efectiva para el control de maleza y su costo variará con las condiciones de humedad, dureza del suelo, cantidad de malezas presentes, tamaño de las malezas y número de pases realizados al terreno para su control.

Durante los dos ciclos mecanizados de arroz con el método SRI, se observó que a los productores de arroz les gustó la tecnología del uso de semilleros en bandeja y posterior siembra con máquinas (esta tecnología tiene mucho tiempo en el país); sin embargo, en un tamaño de plántula menor no. Esto reduce la presión existente en el país por la mano de obra escasa y de alto costo durante el ciclo de cultivo, principalmente en el establecimiento. Los productores observaron el buen comportamiento de las variedades bajo la modalidad del SRI, facilidad de establecimiento con la trasplantadora, facilidad en el control de malezas, buen macollamiento, menor uso de semilla, buen vigor, buena producción, etc. El uso de estos equipos en el SRI simplifica las labores que debían realizarse e hicieron que los productores de arroz aceptaran de una mejor forma la metodología en la región, permitiendo al mismo tiempo la reducción de los costos de producción.



5. Recomendaciones

Es recomendable la integración de las instituciones del estado para dar continuidad a la diseminación del SRI en el país, así como la integración de los productores a este tipo de tecnología, pues los resultados obtenidos en este proyecto son promisorios para beneficiar a los productores, aunque se debe seguir evaluando los impactos de este sistema sobre los rendimientos y utilidades, así como en el mejor uso del recurso hídrico durante el ciclo de cultivo.

La recomendación principal del FONTAGRO “Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático”, recién finalizado, es que los productores se asocien para usar los equipos y maquinarias comprados con fondos de dicho proyecto y que están bajo la custodia del Idiaf. Además, discutir con el Ministerio de Agricultura los resultados del proyecto a fin de motivar el fomento del SRI en el país.

En el caso de las maquinarias, los retos y desafíos se enmarcan en: 1. Replicar el método de producción SRI de subsistencia a más productores en adición a una agricultura comercial y extensiva, con mayores posibilidades de adaptación a las condiciones políticas y culturales del país; y 2. Cuando se emplee maquinaria, se debe buscar hasta donde sea posible la mayor aproximación o rigurosidad en la aplicación de los principios de la metodología SRI en todo momento, ya que estas ligeras modificaciones permitirán su aceptación definitiva por parte de los productores y con los beneficios demostrados con este proyecto.

Seguir con las validaciones con un mayor número de productores y una mayor cantidad de ciclos, asegurando la calidad del acompañamiento técnico en los momentos apropiados y complementando con investigación en estaciones experimentales.

6. Agradecimientos

El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), agradece a cada uno de los productores dominicanos de arroz participantes en el proyecto, por permitir el uso de estas maquinarias en sus plantaciones y diseminación de resultados con las visita de otros productores a sus fincas.



7. Referencias

- Arthur, J. (2015). Experiencias del SRI en República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana, IICA, 35 p.
- CSISA (Systems Initiative for South Asia). (2011). No-till and Unpuddled Mechanical Transplanting of rice. Operational Manual. CSISA. New Delhi, India. p-13.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (s/f). El Cultivo del Arroz en República Dominicana: un Cultivo Básico en la Alimentación del País. Disponible en: <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-cultivo-del-arroz-en-rep%C3%BAblica-dominicana>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) - CONIAF (Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales) - Fedearroz (La Federación Nacional de Arroceros) - Idiaf (Instituto Dominicano de Investigaciones agropecuarias y Forestales) (2018). Reporte final 2015-2018 del proyecto. Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arroceros (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático. Costa Rica, 57 p.
- IRRI (International of Rice Research Institute). (2003). Machine Transplanting. IRRI. Rice fact sheets. September 10, 2003.
- Ministerio de Agricultura. (2014). Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: www.agricultura.gob.do . Consultado: 08 mayo 2014.
- Moquete C. (2010). Guía técnica de El Cultivo de Arroz. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). Santo Domingo. DO. 166p.
- Moreira-Mendoza, DA. (2017). Sistema Intensivo del Cultivo del Arroz (SRI): Produciendo más con menos en un clima cambiante. Proyecto Fontagro. CONIAF, FEDEARROZ, IDIAF e IICA. Disponible en: <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2017/07/SRI-Rep%C3%BAblica-Dominicana-Guia-para-Establecimiento-y-Monitoreo-del-Cultivo-de-arroz-bajo-SRI-VF-Enero-2018.pdf>
- Styger, E. (2009). System of Rice Intensification (SRI): producing more rice with less inputs, 3 years of experience from Mali. SRI International Network and Resources Center (SRI-RICE). Cornell University. New York.
- Uphoff, N. (2014). Revising Agronomic and Socio-economic Paradigms for Crop Improvement: Findings from SRI Research Globally. Research Workshop on System of Rice Intensification. Wageningen University and National Consortium on SRI. New Delhi. India.



FEDEARROZ
FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS



Proyecto FONTAGRO

“Cultivar más con menos: Adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático”

