

Sistema Intensivo del Cultivo del Arroz (SRI)
Produciendo más con menos en un clima cambiante

Guía para el establecimiento
y monitoreo del cultivo
de arroz bajo la metodología
del SRI

> Colombia



Este programa es financiado
por FONTAGRO y por el Fondo
para el Medio Ambiente Mundial



Agradecimientos

Agradecemos a los productores de arroz de Saldaña, Colombia, quienes permitieron establecer las validaciones del SRI en sus parcelas.

Agradecemos el apoyo financiero del FONTAGRO y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para la realización de este producto.

Autor:

Díddier A. Moreira Mendoza

Con la revisión y contextualización de Gabriel Garcés Varón de la Federación Nacional de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ) y de Kelly Witkowski (IICA).

Contenido

1

INTRODUCCIÓN _5

2

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ (SRI) _7

2.1 Principios generales del SRI _8

2.2 Ventajas observadas en la metodología SRI _8

3

PROCESO DE ELABORACIÓN DE SEMILLEROS DE ARROZ _10

3.1 Preparación del sustrato _10

3.2 Preparación de las bandejas _11

3.3 Preparación de la semilla _11

3.4 Siembra _13

3.5 Periodo de incubación _15

3.6 Preparación de la cama para la colocación de las
bandejas del semillero _15

3.7 Ficha para registrar datos sobre semilleros _18

4

PROCESO DE ESTABLECIMIENTO DE ARROZ POR TRANSPLANTE SRI _20

4.1 Preparación del semillero _20

4.2 Preparación del terreno _21

4.3 Ficha para registrar datos sobre la preparación
de terreno _23

4.4 Trasplante _23

4.5 Ficha para registrar datos sobre el trasplante de
arroz _25

4.6 Riego del cultivo de arroz _26

4.7 Fichas para registrar datos sobre riego y
precipitación _27

4.8 Control de malezas y aireación del suelo _29

4.9 Ficha para registrar datos sobre control de
malezas _31

4.10 Fertilización del cultivo _31

4.11 Ficha para registrar datos sobre fertilización _32

4.12 Control de plagas y enfermedades _33

4.13 Fichas para registrar datos sobre control de
plagas y enfermedades _34

4.14 Cosecha del cultivo _36

4.15 Ficha para registro de datos de cosecha _37

5

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _39

6

ANEXO 1: INFORMACIÓN ADICIONAL _41



1 INTRODUCCIÓN

La agricultura de América Latina y el Caribe (ALC) es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático en el hemisferio. El arroz es un grano básico de mucha importancia en ALC, con más de 5,3 millones de hectáreas cultivadas, en su mayoría por pequeños productores. El aumento en la variabilidad climática está afectando y afectará la disponibilidad de agua y, en consecuencia, la producción de arroz. Es preciso disponer de sistemas de producción de arroz que sean más eficientes y amigables con el ambiente, para asegurar su competitividad y sostenibilidad frente al cambio climático.

Como alternativa tecnológica para enfrentar estos desafíos, se ha desarrollado el Sistema Intensivo de Cultivo Arrocero (SRI, por sus siglas en inglés), el cual ha sido ampliamente validado en Asia, África y, con algunas experiencias nacientes, en países de ALC. El SRI es un manejo 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.

En el marco de la Convocatoria Extraordinaria 2014 de FON-TAGRO, “Innovaciones para la Adaptación de la Agricultura Familiar al Cambio Climático en América Latina y el Caribe”, el proyecto del SRI ha sido aprobado para financiamiento. El 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”* se está ejecutando en Colombia y en la República Dominicana por un consorcio que incluye al IICA (Instituto de Cooperación para la Agricultura), al CONIAF (Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de República Dominicana), al IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales) y a la Federación Nacional de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ).

Dicho proyecto de dos años, que inició en agosto de 2015, contempla el desarrollo y la difusión de una guía que permita a los productores y técnicos agropecuarios conocer los lineamientos claves para producir arroz bajo la metodología del

SRI, y aprovechar así sus ventajas y bondades para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos de arroz ante el cambio climático en Colombia. Es por esta razón que presentamos a ustedes este documento, que permite conocer los principios básicos contemplados en la metodología del SRI, además de algunas adaptaciones realizadas en la zona de Saldaña, con la finalidad de maximizar los rendimientos, reducir el uso de insumos y agua, controlar malezas y airear el suelo para, finalmente, buscar un sistema de producción arrocerero más sostenible, eficiente y competitivo, que le permita a los productores mejorar su resiliencia, su seguridad alimentaria y su calidad de vida.

Esta guía provee no solo los lineamientos para establecer las parcelas bajo la metodología del SRI, sino que contempla hojas de registros de datos e información claves para el productor, de forma tal que pueda ordenar información útil para realizar relaciones de costos y beneficios, así como mantener un historial de lo acontecido en el ciclo de cultivo, con la finalidad de poder tomar acciones de corrección en el siguiente ciclo, según las lecciones aprendidas y registradas. Animamos a todos los que estén trabajando en la producción de arroz en ALC, a considerar e implementar la metodología del SRI. Se espera que esta guía les sea de gran utilidad, y que, de esta forma y en la medida de lo posible, se pueda desarrollar una base de evidencia fuerte en la región sobre el SRI, sus ventajas y bondades. Sin embargo, no se debe dejar de lado que algunos cambios pueden ser requeridos en el proceso de establecimiento y de esta forma poder ajustar la metodología al contexto local, según los fondos y recursos disponibles.

Al mismo tiempo, consideramos que es un documento actualizado que recoge las experiencias y lecciones aprendidas en las regiones arroceras del país. Por ello, las retroalimentaciones y sugerencias serán bienvenidas, para seguir mejorando esta guía para el establecimiento del cultivo de arroz bajo la metodología del SRI.



2

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ (SRI)

El Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz, también conocido como “System of Rice Intensification (SRI)”, es una metodología agroecológica que pretende intensificar el manejo del arroz, disminuir el agua de riego y el uso de químicos, y aumentar los rendimientos de un alimento básico para el mundo. Sus elementos principales fueron reunidos en 1983 por el padre jesuita francés, Henri de Laulanié, en la isla de Madagascar, después de 20 años de observación y experimentación con arroz (De Laulanié 2011). Sin embargo, la difusión del sistema SRI no se produjo hasta unos 10 a 20 años después.

Las observaciones y experimentos que condujeron al SRI, comenzaron en la década de 1980, a partir de las observaciones del padre Laulanié sobre las prácticas agrícolas de los agricultores de Madagascar. Estos, cuando sembraban arroz, aplicaban una cantidad mínima de agua, en lugar de inundaciones constantes, y realizaban el trasplante individual de las plántulas muy jóvenes, siguiendo un modelo en el que se les daba mucho espacio a cada una de ellas y así se fomentaba un crecimiento robusto de la raíz y del tallo, así como un incremento en el número de hijos (De Laulanié 2011).

La propagación del método SRI desde Madagascar a varias partes del mundo se ha acreditado en gran parte al Dr. Norman Uphoff, miembro de la Universidad de Cornell. En 1993, Uphoff se reunió con funcionarios de una organización no gubernamental creada por el padre De Laulanié para promover el SRI. Después de observar el éxito del SRI durante tres años y de ver que los agricultores pasaban de cosechar dos toneladas por hectárea (método tradicional) a ocho toneladas por hectárea (SRI), Uphoff se convenció de las ventajas del sistema, y en 1997 comenzó a promoverlo en Asia y África.

A partir del año 2010, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), introdujo este sistema de siembra en la República Dominicana, estableciendo parcelas demostrativas en varias localidades arroceras del país (Arthur 2015). En 2014, inicia un proyecto sobre SRI para desarrollarlo en Colombia y República Dominicana para va-

lidar la metodología del SRI y mostrar sus bondades en la producción arroceras, y es a partir de ese momento que inicia el proceso de difusión de la metodología en varios países de Latinoamérica y el Caribe. Se promulga así una metodología climáticamente inteligente que tiene el potencial de mejorar la adaptación del cultivo ante el cambio climático y de aumentar los rendimientos y las utilidades de los productores, fortaleciendo, al mismo tiempo, su seguridad alimentaria y mejorando su calidad de vida.

Con la adopción de los principios del SRI por parte de los productores latinoamericanos, se trata de hacer del arroz un cultivo más competitivo, de disminuir los costos de producción y de incrementar los rendimientos. Además de mejorar la calidad del producto cosechado, también se pone en marcha un sistema de producción más resiliente ante el cambio climático. Al igual que lo están haciendo en muchos países arroceros del mundo, especialmente de Asia y África, los países de América pueden aprovechar los beneficios de la metodología del SRI. Con este método también se está haciendo más eficiente el uso del agua para riego y se están reduciendo algunos impactos negativos de la agricultura sobre el medio ambiente.

Con esta publicación, el IICA, la FEDEARROZ, el CONIAF y el IDIAF, con el apoyo financiero del FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) y el GEF (Global Environment Facility), ponen a disposición de los productores de arroz una guía que contiene los mecanismos, las técnicas y algunas adaptaciones para incrementar la productividad bajo el Sistema Intensivo de Cultivo de Arroz, especialmente en el uso de maquinaria y equipo en el establecimiento de semilleros y cultivos, así como en el control de malezas (manejo del cultivo).

2.1 Principios generales del SRI

El sistema de producción arrocerá bajo la metodología del SRI presenta una serie de principios que son comunes en cualquier parte del mundo donde se utiliza esta práctica de cultivo, como son:

- Aplicación de materiales orgánicos al suelo para aumentar su fertilidad y mejorar sus condiciones físicas, químicas y biológicas (Promover un Manejo Integrado de la Nutrición del Cultivo).
- Siembra por trasplante, con plántulas de arroz de edad temprana, cuando tengan dos hojas verdaderas (8-12 días de edad). Aunque no se descarta la posibilidad de realizar siembra directa con una semilla por punto de siembra y con el distanciamiento adecuado.
- Distancia entre plántulas en forma de cuadrícula (25 x 25 o 30 x 30 cm). Si esta labor se hace de forma manual, se hace necesario marcar el terreno antes de trasplantar para producir las cuadrículas. En caso de ser mecanizada, la máquina trasplantadora normalmente tiene una separación entre hileras de 30 cm y diferentes distanciamientos entre plantas (10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 cm), aunque actualmente podemos encontrar trasplantadoras que permiten un marco de siembra de 30 x 30 cm. Hasta donde sea posible, se busca colocar una sola plántula por sitio de trasplante (postura, golpe o punto de siembra).
- Control mecánico de malezas (promoviendo al mismo tiempo la aireación del terreno de cultivo).
- Riegos en intermitentes, sin inundación, durante la fase de crecimiento y establecimiento de lámina fija de agua, máximo 5 cm, a partir de la floración.

A estas prácticas generales del SRI, se han agregado y adaptado otras para mejorar aún más los rendimientos y para reducir el uso de insumos, como por ejemplo los agroquímicos, en el manejo de plagas y enfermedades, y en la fertilización con la aplicación de técnicas orgánicas.

2.2 Ventajas observadas en la metodología SRI

Los beneficios de la metodología SRI son muy variables y dependen de cuán estrictos sean los productores al momento de aplicar los principios fundamentales del SRI discutidos en la sección anterior. A continuación, se mencionan las principales ventajas del SRI:

1. Ahorro considerable en el uso de semillas, 80 % de reducción (se usan de 10 a 12 kg/ha).
2. Ahorro significativo en el uso de agua de riego (40-60 %), lo cual disminuye la competencia por esta entre fincas cercanas, así como sacar la producción de la misma superficie con menor cantidad de agua, o bien mantener la superficie de cultivo en momentos de escasez del recurso hídrico.
3. Las plantas producen raíces y tallos más fuertes.
4. Mayor macollamiento por planta.
5. El ciclo de cultivo es más corto.
6. Se reduce el ataque de plagas y enfermedades.
7. Uso de semilleros pequeños (esto facilita su manejo).
8. Cero o poco volcamiento (acamado) del arroz.
9. Importante reducción en la producción de gas metano, por no mantener inundado el terreno durante todo el ciclo de cultivo (esto ayuda a mitigar el calentamiento global).
10. Ambiente más sano alrededor de la finca debido a la reducción en el uso de agroquímicos.
11. Muy buena calidad del grano.
12. Excelente rendimiento cuando se cumplen los principios del SRI, y existen condiciones adecuadas para el cultivo y el clima es favorable.
13. Promueve la conservación del carbono en el suelo.
14. Contribuye a reducir los costos de producción y a obtener mayores utilidades.



3

PROCESO DE ELABORACIÓN DE SEMILLEROS DE ARROZ

3.1 Preparación del sustrato

Selección de sustrato

Según Alarcón (2004), un sustrato es el medio donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo. Entre sus funciones básicas está proveer agua y nutrientes, permitir el intercambio de gases desde y hacia la raíz, y brindar soporte a la planta. Además de otros requerimientos específicos cuando se tiene planeado realizar el trasplante mecanizado del SRI, el sustrato debe ser liviano para mejorar la eficiencia del operador al cargar el semillero en el apero de la máquina y permitir un mayor rendimiento (hectáreas sembradas/día). En el caso de establecimiento de forma manual, se puede usar el suelo directamente como sustrato para el desarrollo del vivero; sin embargo, siempre es aconsejable añadir materia orgánica, o bien otro material, como ceniza de cascarilla de arroz, que facilite el desprendimiento de las plántulas para realizar el trasplante al lote definitivo.

Al hacer la selección de un sustrato, deben considerarse las propiedades físicas (porosidad total, retención de agua y densidad de masa) y los aspectos químicos y nutricionales.

En el caso de Saldaña, la FEDEARROZ ha empleado una mezcla de sedimento de lodo de canal tamizado y ceniza de cascarilla de arroz, en una proporción de 2:1 (ver figura 1), como el sustrato adecuado para el desarrollo del semillero, ya que además de la obtención de resultados óptimos durante la investigación, ambas materias primas se encuentran disponibles en las localidades productoras de arroz de la zona y tienen un costo accesible para los productores.



Figura 1. Sustrato adecuado para el desarrollo de semilleros.
Fotografía: Diddier Moreira.

Es preferible que el suelo utilizado en la mezcla sea de una textura franco-arenosa, franca o franco-arcillosa.

No es conveniente la utilización de arena, ya que presenta una pobre retención de agua y nutrientes. Tampoco es recomendable utilizar un suelo arcilloso, ya que se sobresatura y esto perjudica el crecimiento de las raíces.

Secado y almacenamiento del sustrato

Se debe acumular el suelo y la ceniza de cascarilla de arroz en cantidades mayores a las que se necesitan, con el fin de evitar pérdidas de tiempo por falta de sustrato en momentos claves. Estos se deben extender en un sitio impermeable y con buena ventilación, que permita secar ambos materiales y facilite el proceso al momento de hacer los semilleros.

Tamizado del sustrato

Es necesario tamizar el sustrato (figura 2) con el fin de eliminar objetos grandes, como rocas y residuos orgánicos no deseados, mezclados con el suelo o clavos provenientes de las calderas de las industrias que queman la cascarilla de arroz, ya que, en el caso del trasplante mecanizado, dichos objetos pueden afectar el óptimo funcionamiento de la máquina trasplantadora. Además, una adecuada estructura del sustrato favorece la germinación uniforme y el desarrollo de raíces fuertes. Se recomienda utilizar una pantalla de tamizado de 6 mm de mallas cuadradas.



Figura 2. Tamizado del sustrato a utilizar en la elaboración del semillero.
Fotografía: Juan Arthur.

Cantidad y mezcla de sustrato por bandeja

En el caso de trasplante mecanizado normalmente se emplean bandejas rectangulares de 60 x 30 x 3 cm, lo que significa que se necesitan de 3 a 4 litros de sustrato mezclado por bandeja, ya sea para la capa inferior o cama de siembra (2 a 2,5 litros de sustrato), o bien para la capa superior que tapa la semilla (1 a 1,5 litros de sustrato). Este proceso de llenado de bandejas se puede hacer de forma mecanizada, como se explicará más adelante en esta guía. Cuando el proceso se realiza en el suelo directamente, no se considera la cantidad de sustrato, a menos que se desee mejorar su condición añadiendo una capa de ceniza de cascarilla de arroz de unas 3 a 4 pulgadas. Sin embargo, siempre se recomienda el uso de bandejas o recipientes para hacer los semilleros, y

de esta forma facilitar el manejo y el transporte del material al sitio definitivo, reducir el estrés al momento del trasplante y aumentar la eficiencia del proceso, puesto que se reducen costos y pérdidas de plántulas.

3.2 Preparación de las bandejas

En el establecimiento del semillero, se recomienda el empleo de bandejas plásticas rectangulares de 60 cm de largo, 30 cm de ancho y 3 cm de profundidad, ya que son las que se adaptan al equipo de llenado automático y a las máquinas trasplantadoras, pero también son prácticas en el trasplante manual. Son de peso ligero, y se pueden apilar cuando no estén en uso, con lo cual se ahorra espacio de almacenamiento. Además, se prefieren las que poseen una cantidad adecuada de orificios en la parte inferior, con el fin de asegurar la retención y el drenaje adecuado del agua. Preferiblemente, las bandejas se deben desinfectar antes de ser sembradas; además, se deben esterilizar las bandejas en las que se haya producido una enfermedad durante el desarrollo del semillero. Para lo anterior se puede utilizar una solución de yodo al 10 %, o bien una solución clorada, según la disponibilidad de desinfectantes en el país.

3.3 Preparación de la semilla

Selección de semillas

En primer lugar, es de suma importancia identificar las mejores épocas de siembra y la variedad que mejor se adapte al momento y al lugar de producción, de forma tal que la planta exprese su potencial de rendimiento con la menor interrupción de factores adversos, como plagas, enfermedades, condiciones climáticas, etc., y se les otorgue así, al productor y al cultivo, la mayor probabilidad de éxito.

Una vez definida la variedad y el momento adecuado de siembra, se debe preseleccionar la semilla que cumpla a cabalidad con todos los requisitos. Por ejemplo, si el trasplante es con fines de comercialización de arroz granza, trabajar, al menos, con semilla certificada. Por el contrario, si lo que interesa es producir semilla genética, es necesario trabajar, al menos, con semilla registrada. Es importante que el productor se olvide de emplear semilla de dudosa calidad (semilla de costal, chiviada o semilla pirata), ya que esto favorece la mezcla de variedades, la contaminación con malezas (principalmente arroces contaminantes), la pérdida de vigor y de potencial de germinación, aspectos que, a mediano plazo, resultan en altos costos y en algunos casos en el cambio de cultivo, por no poder controlar las malezas a un costo razona-

ble durante el ciclo de cultivo, para obtener utilidades.

Si el productor lo desea, puede sumergir la semilla en una solución de agua salada, con el fin de escoger las semillas llenas, pesadas y de buena calidad, que se hundan hasta el fondo, y eliminar las semillas mal formadas, vanas y con pobre potencial productivo, que son las que flotan (figura 3d).

La solución se hace añadiendo sal de mesa (NaCl) o sulfato de amonio (NH_4SO_4) al agua. La cantidad de sal a utilizar dependerá de la densidad del agua, por lo cual se aconseja sumergir un huevo fresco de gallina en el agua (figura 3a) y agregar sal hasta que flote, con el fin de garantizar la concentración de sal adecuada en el agua (figura 3c). Cuando esto ocurra, la semilla de mala calidad saldrá a flote y se podrá separar y descartar.

Las semillas seleccionadas para el semillero, deben enjuagarse bien con agua dulce para eliminar el contenido de sal.

No hay que olvidar que siempre es recomendable hacer una prueba de germinación de la semilla antes de realizar la siembra.

Es importante resaltar que, en el caso de Saldaña, la FEDEARROZ empleó, sin problemas, semilla de su unidad de producción, la cual es certificada y de alta calidad. Esto les ha permitido establecer semilleros **sin necesidad de hacer esta prueba y con muy buenos resultados**, por lo que, nuevamente, la calidad de la semilla es vital para el éxito de la futura plantación.



Figura 3a



Figura 3b

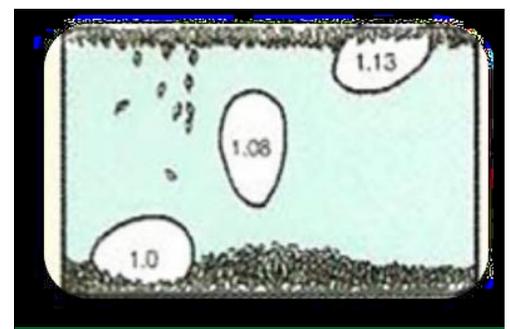


Figura 3c

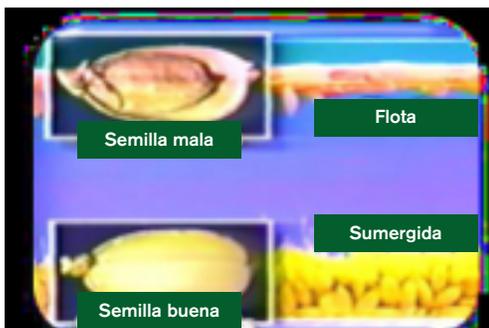


Figura 3d



Figura 3e

Figura 3. Selección de semillas tras sumergirlas en solución salina.
Fuente: Invernizzi et al. (s. f.).

Desinfección de la semilla

Es importante desinfectar las semillas con el fin de protegerlas de enfermedades fúngicas y bacterianas. Esto se puede realizar mediante un tratamiento en seco o por inmersión en agua durante la pregerminación.

En ambos casos, se puede adicionar algún tipo de producto comercial como: Vitavax 40 WP a 0,5 g/kg de semilla o Cobrethane 69 WP a 2,5 g/kg de semilla. Sin embargo, se recomienda contemplar el uso de productos biológicos, como *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, etc.



Figura 4. Semilla tratada.
Fotografía: Juan Arthur.

Pregerminación de la semilla

Este proceso se realiza con el fin de favorecer la germinación de las semillas y garantizar uniformidad de la emergencia después de la siembra. Se deben sumergir las semillas durante 15 horas en un volumen de agua, en una relación 1: 2 (1 kg de semilla/2 litros de agua) (figura 5a).

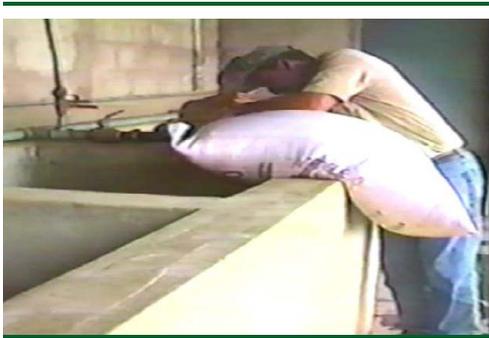


Figura 5a. Fuente: Tomado de Álvarez (s. f.).



Figura 5b. Fotografía: Diddier Moreira.

Figura 5. Pregerminación de la semilla.

Luego la semilla se debe extender y secar a la sombra por un periodo similar, alrededor de 15 horas. La deshidratación o secado de la semilla se monitorea tomando un poco de semilla con la mano y, al abrirla, las semillas deben caer suavemente, sin adherirse a la mano. Esto se debe monitorear para evitar que la semilla con mucha humedad se adhiera y se acumule en los equipos de llenado, lo que impediría la siembra precisa y uniforme del semillero. A la vez, si las semillas se encuentran muy secas, se podría afectar negativamente el crecimiento de las plántulas.

Luego de este periodo, se debe observar si la semilla cumple con la condición de siembra, que es cuando la punta de la semilla se transforma e inflama, indicando que está al borde de la germinación y salida del brote (figura 6a).

No es recomendable realizar la siembra de manera muy tardía, debido a que el brote y la raíz podrían haber crecido demasiado y durante la siembra se romperán, lo que afectará la uniformidad del semillero (figura 6b).

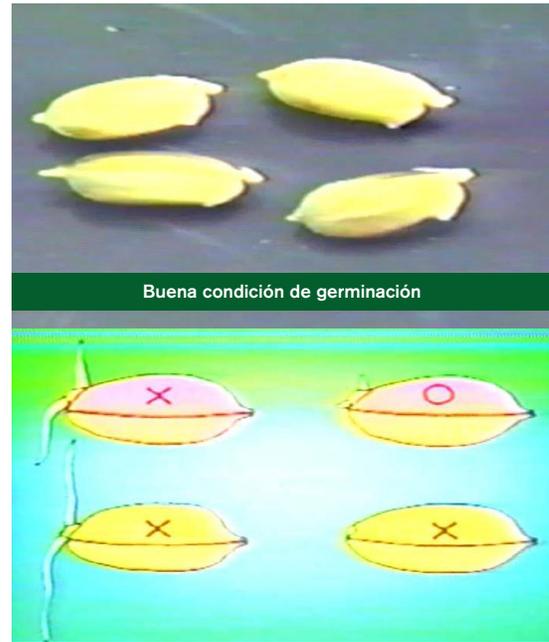


Figura 6. Condición de la semilla, luego de la pregerminación. Fuente: Tomado de Álvarez (s.f.).

3.4 Siembra

La siembra y el establecimiento del vivero se pueden hacer de forma manual o mecánica (por medio de una máquina llenadora de bandejas).

Ambos métodos funcionan, sin embargo, la siembra mecánica tiene un mayor rendimiento y uniformidad de distribución de la semilla: se pueden procesar alrededor de 800 bandejas/hora (figura 7a), mientras que una persona solo puede procesar de 10 a 15 bandejas/hora.

Por eso, preparar los semilleros de arroz de manera manual, en bandejas, tiene un alto costo de mano de obra, y que habría que hacerlo en cada periodo de siembra (figura 7c). También se puede hacer el semillero directamente sobre el suelo, en un sitio cerca de la parcela a cultivar, pero este método, aunque más económico en algunos casos, resulta contraproducente, pues aumenta el estrés al momento de remover las plantas del semillero, transportarlas y hacer el trasplante, perjudicando el potencial de rendimiento. Por esta razón, no se recomienda y se prefiere el uso de bandejas.

Dependiendo del área de siembra a desarrollar, es conveniente definir el sistema a emplear. Si la superficie es grande, es recomendable utilizar la máquina de siembra automatizada (llenadora de bandejas automática) (figuras 7a y 7b).

En todos los casos es importante sincronizar el establecimiento del semillero con la preparación del terreno, para que al momento del trasplante la condición del terreno sea la ideal.



Figura 7a. Máquina llenadora de bandejas automatizada.
Fotografía: Diddier Moreira.



Figura 7b. Máquina llenadora de bandejas, donde se aprecia la uniformidad en la distribución de semillas. Fotografía: Diddier Moreira.



Figura 7c. Siembra manual del semillero.
Fotografía: Diddier Moreira.

Para asegurar un adecuado llenado de bandejas y establecimiento del vivero, se recomienda seguir los pasos que se mencionan a continuación, para cuando el llenado se hace de forma manual. En el caso del establecimiento mecanizado con la llenadora de bandejas solo se requiere el paso 1, puesto que los demás pasos son completados por el equipo de forma automática:

Paso 1: Si el productor lo desea, antes de la siembra puede colocar una hoja de periódico sobre la base de la bandeja (figura 8) y humedecerla para evitar que las raíces se fijen a la bandeja y se causen heridas cuando se vaya a realizar el trasplante.



Figura 8. Colocación de papel periódico en la bandeja.
Fuente: Tomado de Álvarez (s. f).

Paso 2: Luego se prosigue a llenar la bandeja alrededor de 2 cm de altura con 2 a 2,5 litros de la mezcla del sustrato, se nivela, se compacta levemente y se aplica agua para favorecer el desarrollo de la semilla (figura 9).



Figura 9. Nivelación y compactación leve del sustrato de la capa inferior, cama de la semilla.
Fuente: Tomado de Álvarez (s.f).

Paso 3: Se procede a la dispersión uniforme de la semilla tratando de ser lo más preciso posible. La cantidad de semilla por bandeja varía de acuerdo con la variedad a sembrar, basándose en las diferencias de tamaño del grano. Por lo tanto, variedades de grano pequeño se recomienda sembrarlas a 100 g/bandeja y variedades de grano grande se recomienda sembrarlas a 110 g/bandeja. Cabe mencionar que dicho peso es luego del proceso de pregerminación y secado a la sombra, ya que el peso de las semillas secas sería de alrededor de un 80 % de las semillas listas para la siembra. Así que secas, la cantidad es de 80 g (grano pequeño) y de 88 g (grano grande).

Paso 4: Aplicar el sustrato de cobertura de la semilla; la cantidad a adicionar es pequeña, solamente con el fin de tapar la semilla hasta 1 cm de altura, equivalente a 1 a 1,5 litros de sustrato.

Finalmente, se debe aplicar un riego por aspersión de gota fina de poca presión (figura 10a); esto con cerca de 2 litros de agua/bandeja. La otra opción es un riego superficial (figura 10b), inundando la pila donde se colocan las bandejas y permitiéndole al semillero absorber la humedad por capilaridad.



Figura 10a. Riego de las bandejas del semillero.
Fuente: Tomado de Álvarez (s.f.).

Se debe garantizar un correcto mojado de la bandeja, sin la creación de huecos o hundimientos por excesos de presión o adición de agua. Es importante tener en cuenta que la humedad excesiva puede causar dificultades en la germinación.

Paso 5: Después de que el agua del riego haya filtrado hasta el punto en que el fondo de la bandeja no gotee, se deben colocar en grupos de 10 a 20 bandejas (figura 11), dependiendo del espacio que ocupen.



Figura 10b. Riego de las bandejas del semillero.
Fuente: Tomado de Álvarez (s. f.).

En el caso del establecimiento de semilleros mediante el uso de la llenadora de bandejas, la FEDEARROZ, en Saldaña, ha empleado con éxito 100 g de semilla por bandeja de la variedad FEDEARROZ 67, con excelentes resultados. La llenadora automática de bandejas permite realizar las siguientes acciones en cada bandeja: colocar el sustrato en la cantidad precisa para la cama de siembra (2 cm aproximadamente) y su nivelación, humedecer el sustrato, distribuir uniformemente la semilla y en la cantidad adecuada, y cubrir adecuada y uniformemente la semilla distribuida, con lo cual cada una queda lista para el proceso de germinación, para posteriormente trasplantar por medios manuales o mecánicos, según sea el caso de cada productor.

3.5 Período de incubación

Consiste en acomodar las bandejas en columnas de 10 a 20 bandejas (figura 11), y se tapa la última con el fin de evitar daños por agentes externos (insectos, ratas, etc.). El semillero se mantiene de esta forma sin adicionar riegos, tapado, evitando la entrada de luz, por un periodo aproximado de 72 horas. Como se mencionó anteriormente, este proceso promueve la germinación de las semillas.



Figura 11. Bandejas ordenadas en columnas de 10 a 20, durante el periodo de incubación.
Fotografía: Diddier Moreira.

3.6 Preparación de la cama para la colocación de las bandejas del semillero

Para permitir el desarrollo óptimo del semillero, se deben construir unas camas donde se colocan las bandejas del semillero luego del periodo de incubación.

Es necesario contar con un terreno que en lo posible se encuentre nivelado. Existe la opción de construir las camas con suelo del terreno, sin embargo, en algunos casos pode-

mos encontrar suelos de una estructura complicada para la manipulación y construcción de las camas. En estos casos excepcionales, se puede adicionar una capa de suelo para realizar la confección adecuada de las camas. Dichas camas se construyen con el fin de facilitar el ingreso y el drenaje del agua, así como el manejo en general durante el desarrollo del semillero.

La superficie de la cama debe ser uniforme y plana y preferiblemente con las siguientes dimensiones: altura de 10 cm y un ancho de 1.3 m, con el fin de permitir la colocación de dos bandejas (figura 12). Entre cada cama debe haber una distancia de 40 cm, previendo una zona amplia para caminar y realizar las labores de manejo del semillero.

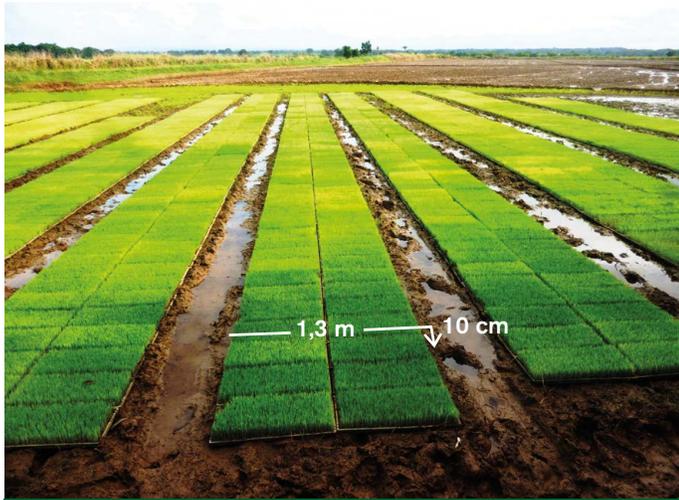


Figura 12. Camas para la ubicación del semillero en el campo.
Fotografía: Juan Arthur.

Se debe resaltar la importancia de que la cama se encuentre en una óptima nivelación, con el fin de evitar acumulaciones de agua en algún sector de la bandeja, ya que esto puede distorsionar la homogeneidad de la germinación y, por ende, el desarrollo del semillero. Este comentario se ejemplifica en las figuras 13a y 13b.

Es importante tener presente que la ubicación de las bandejas o de las camas debe estar lo más próxima posible al sitio de establecimiento final, con el fin de ahorrar tiempo y dinero en el proceso, además de reducir el estrés de las plántulas durante el proceso de trasplante. Principalmente cuando el proceso de trasplante se hace de forma manual y se construyen los semilleros en camas en el campo, donde es prioritario que el tiempo entre la remoción de las plántulas del semillero y el momento del trasplante no sobrepase los 30 minutos, con el fin de evitar estrés a las plántulas y un gasto de energía innecesario.



Figura 13. Mala homogeneidad de los semilleros debido a los fallos en la nivelación de las camas. Montenegro, Bagaces.
Fuente: Tomado de Álvarez (s. f.).

Traslado del semillero en bandejas a las camas (vivero o lote en el campo)

Por diferentes factores, no todas las bandejas presentan uniformidad en la germinación. El principal factor es el manejo de la humedad de la bandeja (exceso o déficit de agua). En el área de vivero se manejarán las bandejas con riegos superficiales, inundando las camas donde se colocan las bandejas para que el semillero absorba la humedad por capilaridad.



Figura 14. Emergencia uniforme del semillero.
Fotografía: Juan Arthur.

Este punto es clave para aprovechar al máximo las bandejas, ya que en trasplante mecanizado la homogeneidad de la bandeja es de gran importancia, por lo cual se debe evaluar la emergencia uniforme de las plántulas del semillero, como se presenta en la figura 14.

Por lo contrario, si aún se observan secciones de la bandeja sin emerger (figura 15), se recomienda mantenerlas en el área de incubación hasta lograr una mayor homogeneidad. Esto permite darle un manejo del riego exclusivo, y evitar los excesos de humedad que sí ocasionaría el manejo del área de vivero.

En este proceso de espera de la emergencia para lograr la homogeneidad, las bandejas no deben estar apiladas, con el fin de evitar el desarrollo de tallos delgados y débiles.



Figura 15. Emergencia no uniforme del semillero.
Fuente: Tomado de Álvarez (s. f.).

Otra labor que suele requerirse en esta fase de transición y que colabora con el éxito del desarrollo del semillero es la aplicación de un riego por aspersión de gota fina y con poca presión, con el fin de contrarrestar, cuando se presente, el levantamiento de la cobertura del sustrato (capa que tapa la semilla) como se observa en la figura 16.



Figura 16. Sustrato superior, complicando la emergencia de las plántulas.
Fuente: Tomado de Álvarez (s. f.).

Con una aplicación suave de agua, se logra empujar la parte superior del sustrato hacia abajo, ya que en algunos casos se ha observado que el sustrato complica la emergencia y en pocas ocasiones, provoca clorosis en las plántulas.

Aplicación de fertilizantes

Generalmente no es necesaria la aplicación de fertilizante, puesto que el tiempo que pasan las plántulas en la etapa de semillero es muy corto (8 a 12 días). Sin embargo, en casos específicos se podrían aplicar algunos productos por vía foliar. De ser posible, y para contribuir con el aspecto nutricional, es importante considerar que el sustrato contenga una mezcla con abono orgánico, principalmente cuando el trasplante es mecanizado, pues parte del sustrato se incorpora con la plántula durante esta actividad.

Características de las plántulas del semillero de arroz

Hay un momento óptimo para la realización del trasplante, el cual depende del crecimiento del semillero, y puede ocurrir alrededor de los 8 a 12 días después de la germinación, cuando aparece la segunda hoja en la planta (figura 17); sin embargo, se debe considerar que esto depende de la variedad con la que se esté trabajando y de las condiciones climáticas existentes.

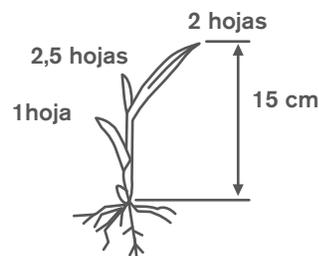


Figura 17. Características de las plántulas que indican el momento óptimo del semillero, listo para ser trasplantado.
Fuente: Tomado de Álvarez (s. f.).

3.7

Ficha para registrar datos sobre semilleros

PROYECTO SRI. HOJA PARA EL REGISTRO DE DATOS EN SEMILLERO

Sitio:	Variedad utilizada:
Fecha inicio semillero:	Ciclo de la variedad:
Agricultor:	Responsable:

	SRI
Sustrato	
Cantidad (Kg)	
Bandejas	
Camas	
Otro (especifique)	
Semilla/Bandeja	
Pregerminación (si/no)	
Horas en agua	
Horas en sombra	
Germinación días	
Fecha trasplante	
Días al trasplante	

Tratamiento semilla

Dosis, productos, etc.	
------------------------	--

Observaciones:



4 PROCESO DE ESTABLECIMIENTO DE ARROZ POR TRANSPLANTE SRI

4.1 Preparación del semillero

Esta sección está bien explicada en el apartado anterior “Proceso de construcción de semilleros de arroz”. Sin embargo, es importante recordar y resumir algunas consideraciones claves como:

El sustrato debe ser de fácil disponibilidad en la zona y, además, presentar las siguientes características:

- Bajo costo (barato).
- Buena retención de humedad.
- Libre de piedras o troncos.
- Sin contaminantes (insectos, enfermedades, malezas).
- Que sea fácil de distribuir en las bandejas o camas de campo.

El semillero se puede preparar en bandejas o camas en el campo (figura 18e), utilizando el sustrato seleccionado, usando semilla certificada, tratada y con pruebas de germinación. En el caso de bandejas, el establecimiento se pueda hacer de forma manual (figuras 18a y 18b) o de forma mecanizada, mediante el uso de la llenadora automática de bandejas (figura 18d).

Es importante realizar una adecuada distribución de la semilla durante el establecimiento del semillero, con el fin de no incrementar su densidad y facilitar el trasplante con una sola planta por punto de siembra. Experiencias en Saldaña contemplan, para el trasplante manual y un distanciamiento de 30 x 30 cm, el uso de 70 a 100 g de semilla por bandeja y unas 100 bandejas/ha, lo que implica el empleo de 7 a 10 kg/ha de semilla. Para el caso de trasplante mecanizado con una distancia de 20 x 30 cm, se han empleado con éxito de 90 a 100 g de semilla por bandeja y unas 130 a 140 bandejas/ha, lo que implica un uso de 11,7 a 14 kg de semilla/ha.



Figura 18a. Distribución manual de semilla.
Fotografía: Didier Moreira, 2010.



Figura 18b. Distribución manual de semilla.
Fotografía: Didier Moreira, 2010.



Figura 18c. Bandejas listas para trasplante.



Figura 18d. Llenadora automática de bandejas.



Figura 18e. Semillero directo en camas en el campo.



Figura 18f. Semillero en recipientes plásticos

En cuanto a la nutrición del semillero, en sentido general, no se hace necesaria la aplicación de nutrientes, por el poco tiempo que permanece la planta en el mismo, pero en algunos casos se puede contemplar el uso de fertilizantes foliares y la mezcla de abono orgánico en el sustrato.

4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar el establecimiento del cultivo por medio del trasplante se recomienda realizar una eliminación de malezas, para lo cual, y cuando sea posible se favorece la hipoxia del terreno, manteniendo una lámina de agua de unos 8 cm por un periodo de 8 a 12 días. Otra estrategia es la de favorecer el riego en el terreno para permitir la emergencia de malezas y posteriormente controlar por medios mecánicos, o bien aplicar herbicidas, cuando la presión de arroz rojo y malezas así lo requiera.

La estrategia más recomendable es la de contemplar la siembra de especies leguminosas previo al establecimiento del cultivo de arroz y luego incorporarlas, para de esta forma agotar las malezas y al mismo tiempo mejorar la fertilidad y la biota del suelo (usar, por ejemplo, frijol caupi) (figura 19).



Figura 19. Semilla de frijol caupi, *Vigna unguiculata*. Rotación con frijol caupi en lote arrocero, Saldaña, Colombia. Fotografías: Diddier Moreira.

Usualmente para el establecimiento del SRI, se prepara el suelo sin mayor modificación que lo recomendado para el sistema convencional, lo cual se define de acuerdo al análisis físico de suelos realizado. Entonces, cuando las condiciones lo permiten, se prefiere la preparación en seco, sin fangueo, realizando pases de rastra (preferiblemente rastrillo de cinceles vibratorio, figura 20), con la humedad adecuada en el terreno que facilite su preparación con la menor alteración posible del suelo. Esto permite mantener las características físicas del suelo y al mismo tiempo evita la liberación en cantidades importantes del carbono del suelo. Posteriormente, se debe colocar agua para que el terreno logre una buena consistencia y se facilite la labor de trasplante del cultivo. El fertilizante a base de fósforo puede ser incorporado al suelo en este proceso.



Figura 20. Preparación en seco del terreno para la siembra de arroz, empleando para ello el rastrillo de cinceles vibratorio. Fotografía: Diddier Moreira.

Si el trasplante se va a hacer de forma manual, se procede a realizar el marcado del terreno de acuerdo con la distancia definida de $30 \times 30 \text{ cm}^1$, la cual debe quedar en cuadro para que eventualmente se facilite el control de malezas y la aireación del terreno con los pases del desyerbador. Para esta operación se pueden utilizar cuerdas (figura 21), tubo o piezas de madera con su debida identificación o marca con la distancia definida, o bien un marcador de ruedas con separadores (figura 22). También se puede utilizar el cilindro marcador para facilitar dicha labor y acelerar la actividad.



Figura 21. Marcación del terreno con ayuda de la cuerda. Fotografía: Diddier Moreira.



Figura 22. Empleo de marcador de terreno con ruedas metálicas. Fotografía: Diddier Moreira.

Si el trasplante se va a hacer de forma mecanizada, con ayuda de una trasplantadora, no será necesaria la labor de marcado, puesto que la máquina posee guías y distanciamiento fijo entre hileras de 30 cm. Aunque la distancia entre plantas es variable, siempre se debe buscar establecer la plantación en cuadro, para facilitar, de esta forma, el proceso de desyerbe y la aireación del terreno, uno de los principios claves en la metodología del SRI, que permite el desarrollo de raíces fuertes y profundas, así como evitar el uso de herbicidas en el ciclo de cultivo.

¹ El Proyecto SRI-FONTAGRO, ejecutado por el IICA y FEDEARROZ, utiliza un marco de 30x30 cm. Sin embargo, otros productores que sigan esta guía pueden ajustar las distancias según el contexto, pero con un mínimo recomendado de 20x20 cm.

4.3

Ficha para registrar datos sobre la preparación de terreno

PROYECTO SRI - VARIABLES A EVALUAR PREPARACIÓN DE TERRENO	
Sitio:	Variedad utilizada:
Fecha inicio semillero:	Ciclo de la variedad:
Agricultor:	Responsable:

	SRI
Fecha de inicio preparación	
Método empleado p/preparar	
Agotamiento banco semillas	
Cómo lo realizó	
Condición del terreno	
Marco de siembra utilizado	

Se recomienda preparar una ficha para cada área cultivada. Si el trasplante se hace de forma mecanizada, no es necesario realizar el marcado del terreno.

4.4

Trasplante

El trasplante puede hacerse de forma manual (figuras 23 y 24) o mecanizada (figura 25) y se debe sincronizar adecuadamente con la preparación del terreno, ya que se debe realizar cuando la planta alcanza la segunda hoja, lo cual puede ocurrir entre 8 y 12 días después de la germinación, dependiendo de la variedad y de las condiciones del clima.

Como se mencionó anteriormente, durante el trasplante manual se debe minimizar el tiempo de la actividad: reducirlo preferiblemente a menos de media hora, con el fin de disminuir el estrés de las plantas, que podría afectar los rendimientos futuros del cultivo. En el caso del trasplante mecanizado y del semillero en bandejas rectangulares, solo se debe tener cuidado de mantener las bandejas con plántulas a la sombra e hidratadas, pero no con exceso de agua, ya que el paño de trasplante aumenta su peso y su velocidad de caída en el

apero, lo que hace que el equipo deposite una mayor cantidad de plántulas por punto de trasplante, justo lo contrario de lo que se busca en el SRI. En ambos métodos de trasplante, se deben seleccionar las mejores plantas a trasplantar para asegurar el establecimiento.

En el caso del trasplante manual se debe colocar una planta por punto de siembra, ubicando cada plántula en la intersección o cruce de las líneas marcadas en el terreno (figura 24) y cuidar la forma de ubicar la raíz, evitando empujar la plantita hacia abajo en el punto de trasplante y colocarla en forma de "J" y más bien procurar que se inserte la planta de manera tal que la raíz tome forma de "L", lo cual se logra con un ligero arrastre de la planta hacia atrás o adelante hasta el punto de siembra (figura 23).



Figura 23. Trasplante manual. Colocación de la planta con un ligero arrastre hacia adelante para que la punta de la raíz quede paralela al suelo en forma de "L".
Fotografía: Diddier Moreira.



Figura 24. Trasplante manual. Colocación de una planta por punto de trasplante, colocándola en la intersección de las líneas marcadas en el terreno.
Fotografía: Diddier Moreira.

El trasplante mecanizado, por su parte, comprende una adaptación de la metodología del SRI y constituye una opción para cuando la escasez o el alto costo de mano de obra en una zona o región está presente, o bien cuando la superficie a desarrollar es grande y se requiere eficiencia en el proceso. Esta opción, entonces, permite disminuir los costos y aprovechar las ventajas y bondades de los principios del SRI.

El trasplante mecanizado emplea una máquina de hileras múltiples que permite realizar el trasplante de varias hileras de plantas al mismo tiempo. Las hay de 2 a 12 hileras (figura 25a), en las que la máquina mantiene un espacio entre hileras de 30 cm, y se debe calibrar el distanciamiento entre plantas de forma tal que podamos acercarnos o mantener el marco definido de 30 x 30 cm. Si el equipo no permite un distanciamiento entre plantas de 30 cm, se debe utilizar el máximo distanciamiento permitido por este. De igual forma, se debe ajustar la posición del equipo, de manera tal que se pueda tomar el menor número de plantas posible y que esta acción, combinada con una buena distribución y una buena

densidad de plantas en la bandeja, permita el establecimiento de una a dos plantas por punto de trasplante.

La unidad trasplantadora posee guías que ayudan a mantener el distanciamiento entre las hileras en cada tramo del lote a trasplantar, especialmente al momento de girar en las cabeceras, donde una varilla arrastrada deja una marca en el terreno. Esta marca se utiliza como centro en el siguiente giro de la máquina, y una mira constituida por una varilla en el centro del equipo se alinea con la línea marcada. De esta forma se logra mantener el trasplante en hileras parejas y conservando el distanciamiento entre ellas (figuras 25a y 25b).

Dependiendo del tipo de trasplantadora y de la habilidad del operador, se puede lograr un avance diario de 2 a 8 hectáreas con estos equipos, pero el trabajo se debe sincronizar adecuadamente con el establecimiento del semillero en bandejas y con la preparación del terreno.



Figura 25a. Trasplantadora de arroz modelo PF 48 de 4 hileras.
Fotografía: Diddier Moreira.



Figura 25b. Rollos de plántulas listas para el trasplante mecanizado y su colocación en el apero de la trasplantadora.
Fotografía: Diddier Moreira.



Figura 25c. Trasplantadora mecanizada autopropulsada de 8 hileras.
Fotografía: Diddier Moreira.

4.5

Ficha para registrar datos sobre el trasplante de arroz

PROYECTO SRI - VARIABLES A EVALUAR TRANSPLANTE

Sitio:	Variedad utilizada:
Fecha inicio semillero:	Ciclo de la variedad:
Agricultor:	Responsable:

	SRI
Fecha de inicio trasplante	
Fecha de finalización	
Método p/trasplantar	
Edad de plantas al trasplantar	
Días después de germinación	
Número de hojas al traspl.	
Condición del terreno/traspl.	
Marco de siembra utilizado	
Plantas por punto de siembra	
Observaciones	

4.6 Riego del cultivo de arroz

Es importante que la fuente de agua utilizada sea de buena calidad y que no favorezca la diseminación de malezas o plagas en las áreas de cultivo. Para esto, se puede colocar una malla a la entrada de las parcelas, para poder controlar su ingreso. Esta trampa se debe estar revisando y limpiando continuamente.

El manejo de agua en el cultivo SRI es vital y deben **mantenerse programas de riegos intermitentes en el cultivo, procurando la alternancia de suelos húmedos (láminas inferiores a 5 cm) y secos durante la fase vegetativa** (la cual va hasta el inicio del primordio floral). Entonces, durante este periodo se puede reducir significativamente la humedad del suelo (secarlo), lo que permite un ahorro importante de agua. La frecuencia de riego depende de las condiciones del terreno y del clima prevaleciente; se espera a que el suelo empiece a agrietarse para realizar el siguiente riego (figura 26b).



Figura 26. Manejo del riego con intermitencia en fase vegetativa, permitiendo alternar suelo mojado (a) y seco (b) y establecimiento de lámina en floración (c). Fotografía: Diddier Moreira.

Durante cada riego, se deben evitar los excesos de agua y escorrentías, con el fin de evitar pérdidas de agua, suelo y nutrientes, además de daños a las plantas del lote sembrado. Siempre se debe mantener un monitoreo constante de la condición de humedad en el terreno y asegurarse de que no existan filtraciones que permitan el ingreso o la salida de agua en momentos no deseados.

Una vez que **inicia la etapa reproductiva (primordio floral)**, se puede permitir humedad ligeramente por debajo de la saturación del suelo para favorecer una mejor aireación, pero no secar el suelo, ya que una condición de estrés en esta fase puede ser perjudicial para la plantación. La fase reproductiva va hasta la floración, cuando inicia la fase de maduración, **y es aquí, cuando está finalizando la fase reproductiva e inicia la de maduración**, que se mantiene una lámina de agua permanente en el cultivo, preferiblemente de 3 a 5 cm.

La práctica de mantener el cultivo con ciclos húmedos y secos o casi secos (intermitencia de riegos) durante la fase vegetativa promueve la aireación del suelo y estimula el enraizamiento y el vigor de las raíces y los tallos, lo que favorece el desarrollo y la productividad de las plantas, así como la

calidad biológica y química del suelo.

Al momento de cada riego, en la fase vegetativa, se debe aprovechar para hacer el control físico de las malezas, utilizando un desyerbador manual o motorizado. El desyerbador funciona mucho mejor con el suelo inundado, debido a la tracción y al rodamiento del equipo, que permite alcanzar el objetivo buscado. De igual forma, la aplicación del fertilizante químico debe hacerse antes de cada riego, o bien con el suelo húmedo (sin lámina de agua) para lograr una mejor y más rápida absorción de los nutrientes utilizados, y tan pronto como sea posible, regar, ya que este breve periodo de inundación evita la pérdida de fertilizante, principalmente el nitrogenado.

Para tener un mayor control sobre el uso del agua se recomienda llevar un registro de los riegos y de la precipitación en el área de siembra. Las fichas que se presentan a continuación sirven para ese propósito, pues, permiten obtener información fidedigna de la condición del agua en el cultivo durante el ciclo productivo, hacer un análisis de los resultados obtenidos en la cosecha y entender qué acciones se deben repetir, o evitar, en la siguiente siembra.

4.7

Fichas para registrar datos sobre riego y precipitación

RIEGO	
Sitio:	Variedad utilizada:
Fecha inicio semillero:	Ciclo de la variedad:
Agricultor:	Responsable:

	SRI
Fecha de inicio riego	
Fecha de finalización riego	
Método empleado	
Fuente de agua	
Mediciones realizadas	
Cantidad de agua empleada	
Lámina de riego existente	
Condición de terreno presente	
Intermitencia de riego	SI
	NO
Fecha en que se deja lámina permanente	
Otro:	

PRECIPITACIÓN

Sitio:	Variedad utilizada:
Fecha inicio semillero:	Ciclo de la variedad:
Agricultor:	Responsable:

Fecha de inicio riego		Localización de la parcela	
Mes		Mes	
Día	Precipitación (mm)	Día	Precipitación (mm)
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	
11		11	
12		12	
13		13	
14		14	
15		15	
16		16	
17		17	
18		18	
19		19	
20		20	
21		21	
22		22	
23		23	
24		24	
25		25	
26		26	
27		27	
28		28	
29		29	
30		30	
31		31	

Tener presente que el registro de precipitación se debe realizar diariamente y preferiblemente a la misma hora.

4.8 Control de malezas y aireación del suelo

El control de malezas en áreas de producción bajo la metodología del SRI se basa principalmente en el uso de implementos manuales o motorizados (figura 27), que al mismo tiempo permiten airear el terreno y favorecer el desarrollo de raíces y microorganismos. Para esta actividad se aprovechan los ciclos de riego, con el fin de facilitar la acción del equipo durante el proceso. Lo anterior no excluye la posibilidad de utilizar herbicidas, particularmente preemergentes, pero, hasta donde sea posible, se evitará su empleo en cultivos bajo la metodología del SRI.

El control de malezas se debe hacer cuando estas se encuentran en las primeras etapas de desarrollo, preferiblemente cuando alcancen dos o tres hojas, lo cual suele suceder durante los 10 o 15 días después del trasplante; lo anterior con el fin de que se facilite esta labor y no se afecten los rendimientos del cultivo.

Las evaluaciones de malezas en cada lote de arroz SRI se deben realizar semanalmente. Se recomienda ejecutar de 4 a 5 pases con el desyerbador durante la fase vegetativa del cultivo, con un mínimo tres veces, para lo cual se puede considerar a los 10 días después de trasplante (ddt) y así las plántulas están bien establecidas, luego a 18, 26, 34 y 45 ddt.

El uso de estos equipos para control de malezas y aireación demanda que los cuadros de siembra sean uniformes y lo más precisos posible. De no serlos, muchas plantas se pueden perder en el proceso de deshierbe, especialmente si las hileras tienen curvas o están en zigzag. Pero cuando las hileras están bien alineadas, el uso del control físico de malezas es muy efectivo y contribuye enormemente a limpiar las parcelas de germinaciones de arceses contaminantes e indeseables, aspecto un tanto difícil de lograr por medios químicos.



Figura 27. Control de malezas en SRI. a: mecanizado autopropulsado; b: equipo manual y c: equipo motorizado. Fotografías: Diddier Moreira.

4.9

Ficha para registrar datos sobre control de malezas

PROYECTO SRI REGISTRO CONTROL DE MALEZAS

Sitio:	Fecha de muestreo:
Fecha de siembra:	Responsable:
Agricultor:	Número de muestreos:

	SRI									
Punto (marcado en el croquis)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Edad del cultivo DDG										
Malezas presentes										
Método control										
Herbicidas (nombre y dosis)										
Condición de terreno al momento del control										
Fenología										
Malezas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel de infestación										
Nivel de agresividad										
Dificultad de control										

Clasificación de niveles: 1 muy bajo - 2 Bajo - 3 Medio - 4 Muy alto - 5 Severo

En caso de que haya un nivel 3 en malezas o plagas, describirlo en observaciones, daño provocado y medida de control

<p>Observaciones:</p>

4.10 Fertilización del cultivo

La nutrición del cultivo bajo la metodología del SRI se promueve mediante el “Manejo Integrado de la Nutrición” y, por ende, estará sujeto al análisis de suelos realizado, el cual se recomienda actualizar cada dos años. Según las condiciones del suelo, la época de siembra, la variedad utilizada, las condiciones de clima y otros factores, se decidirán las dosis y las fuentes de nutrición para el cultivo, labor que podrá realizarse con fuentes de fertilizantes orgánicos o químicos, pero procurando siempre incrementar los niveles de materia orgánica del terreno en cada ciclo. En todo caso, siempre es recomendable consultar y analizar la definición del plan de fertilización con el agrónomo o agente de extensión experto de la zona y de forma consensuada definirlo.

Generalmente, el fertilizante a base de fósforo se aplica antes del trasplante para que sea incorporado al terreno. Posteriormente, y de forma fraccionada preferiblemente, se realiza la aplicación de nitrógeno, potasio y otros elementos, según lo obtenido en el análisis realizado y la recomendación del técnico agrícola. El número de fraccionamientos de la fertilización depende de factores como la textura del suelo, el manejo de agua de riego, la fenología del cultivo y la cantidad de fertilizante que se debe adicionar. Es importante, en este caso, que la fertilización se haga posterior al control de malezas y aprovechando los momentos de intermitencia de riego, cuando esté en condición seca. Luego se haría el riego, para evitar pérdidas de nitrógeno, principalmente.

La adición de materia orgánica es muy importante, por las ventajas que ofrece en mejorar lentamente las condiciones del suelo, pues ésta se basa en la descomposición biológica de residuos vegetales, estiércoles animales, desechos agroindustriales, desechos caseros orgánicos, entre otros. Una de las mejores formas de adicionar una cantidad significativa de materia orgánica al cultivo lo constituye el aprovechamiento del tamo del ciclo anterior, por lo que es de importancia su incorporación en cada lote. Así todos estos productos y subproductos, mediante diferentes procesos se fermentan y descomponen, y van transfiriendo sus nutrientes y humus al suelo, mejorando sus condiciones biológicas, físicas y químicas, que son de gran importancia para el desarrollo y rendimiento del cultivo.



4.11 Ficha para registrar datos sobre fertilización

PROYECTO SRI REGISTRO DE FERTILIZACIÓN

Sitio:	Variedad utilizada:
Fecha inicio semillero:	Ciclo de la variedad:
Agricultor:	Responsable:

	SRI
Edad del cultivo DDG	
Análisis del suelo (Fecha)	
Método empleado	
Fertilizantes (Tipo y dosis)	
Condición de terreno al momento de la fertilización	
Condición de malezas en el lote	
Fenología del cultivo	

Observaciones:

4.12 Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades en cultivos bajo la metodología del SRI, se propone un manejo integral que contempla el monitoreo constante de plagas (**por lo menos cada semana**), con el fin de detectar la presencia en los estadios iniciales y así definir la estrategia a seguir a tiempo, mediante el empleo de controles físicos, biológicos o químicos, según sea necesario. Tomar en consideración que se debe identificar claramente la enfermedad y los umbrales de acción definidos para cada región o país al momento de decidir las acciones de control.

Según Higuera y Cuevas (2015), la estrategia más eficiente que pueden aplicar los productores arroceros para reducir las pérdidas causadas por las enfermedades en el cultivo, se basa en la elaboración de planes de manejo integrado óptimos, que dependerán de decisiones acertadas y apropiadas, de su viabilidad, su economía y su eficacia y de que sean amigables con el ambiente.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) y enfermedades contempla una serie de directrices que fomentan el equilibrio de enemigos naturales y condiciones adversas para el desarrollo de las mismas, sin que estas afecten el desarrollo y la productividad del cultivo. Entre ellas podemos mencionar:

1. Rotación de cultivos para romper el ciclo reproductivo de insectos y enfermedades, y disminuir así su población y agresividad.
2. Incorporación al terreno de los residuos de cosecha.
3. Evaluación de la población y de los daños causados a la plantación (monitoreo: dependiendo de la población, presencia, nivel de daño, se adoptan o no medidas de control con agentes repelentes, biológicos, químicos, etc.).
4. Selección y uso de variedades tolerantes o resistentes al ataque de insectos y enfermedades.
5. Liberación de insectos y microorganismos benéficos.
6. Control de malezas, para evitar que sirvan de hospederos a plagas y enfermedades.
7. Adecuada preparación de suelos, para destruir huevos, larvas e insectos adultos, estructuras de hongos y bacterias que están ocultos o presentes en el mismo.
8. Uso de trampas (de luz, de colores y pegantes), cebos y sustancias para atraer, atrapar y matar plagas.
9. Uso de caldos y mezclas de productos permitidos en la agricultura orgánica.
10. Uso de productos repelentes, fungistáticos, entre otros.
11. Respeto a vedas y medidas cuarentenarias oficiales.
12. Utilización del control biológico mediante el uso de parasitoides, depredadores y entomopatógenos, bioplaguicidas.
13. Alternabilidad en el uso de productos químicos (uso de diferentes moléculas) para evitar la aparición de resistencia a los mismos.

14. Promover la diversidad biológica en el sistema, lo cual ayuda a obtener servicios ecosistémicos y lograr el balance entre las poblaciones existentes, favoreciendo el desarrollo del cultivo.
15. Siembra en épocas adecuadas para cada zona de cultivo y con material de buena calidad.

Algunos factores que favorecen la aparición y desarrollo de enfermedades y que se deben evitar son: variedades susceptibles, altas densidades de siembra, mala preparación de suelos, deficiente control de malezas, mala nutrición del cultivo, lluvias frecuentes, toxicidad de plaguicidas, etc.



4.13

Fichas para registrar datos sobre control de plagas y enfermedades

PROYECTO SRI REGISTRO DE CONTROL DE PLAGAS

Sitio:	Fecha de muestreo:
Fecha de siembra:	Responsable:
Agricultor:	Número de muestreos:

	SRI									
Punto (marcado en el croquis)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Edad del cultivo DDG										
Plagas presentes										
Método control										
Insecticidas, acaricidas (nombre y dosis)										
Condición de terreno al momento del control										
Fenología										
Plagas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel de infestación										
Nivel de agresividad										
Dificultad de control										

Clasificación de niveles: 1 muy bajo - 2 Bajo - 3 Medio - 4 Muy alto - 5 Severo

En caso de que haya un nivel 3 en malezas o plagas, describirlo en observaciones, daño provocado y medida de control

Observaciones:

PROYECTO SRI REGISTRO DE CONTROL DE ENFERMEDADES

Sitio:	Fecha de muestreo:
Fecha de siembra:	Responsable:
Agricultor:	Número de muestreos:

SRI										
Punto (marcado en el croquis)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Edad del cultivo DDG										
Enfermedades presentes										
Método control										
Fungicidas, bactericidas (nombre y dosis)										
Condición de terreno al momento del control										
Fenología										
Enfermedades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel de infestación										
Nivel de agresividad										
Dificultad de control										

Clasificación de niveles: 1 muy bajo - 2 Bajo - 3 Medio - 4 Muy alto - 5 Severo

En caso de que haya un nivel 3 en malezas o plagas, describirlo en observaciones, daño provocado y medida de control

Observaciones:

4.14 Cosecha del cultivo

Previo a esta labor se suspenderá el riego en el cultivo de arroz unos 5 a 10 días antes, dependiendo de las condiciones de suelo, clima y variedad usada, con el fin de favorecer la uniformidad de la maduración del grano y propiciar un piso adecuado para el equipo a usar durante la cosecha. Para esto se debe tomar en cuenta la edad de cultivo, condiciones de la plantación (cuando la panícula alcanza su madurez fisiológica) y nivel de humedad del grano (alrededor del 24 %), principalmente. El productor con experiencia puede, con estos parámetros y en conjunto con la finalización del ciclo de la variedad, determinar el momento adecuado para realizar esta labor; en caso contrario, debe pedir la ayuda del extensionista o técnico agrícola de la zona.

Se recomienda que la cosecha sea realizada de forma mecanizada, y en este momento se debe hacer monitoreo de la calidad de trabajo que esté realizando el equipo y el operador, principalmente con el grano caído y en las secciones del lote sin cosechar, pues estos aspectos pueden influir en mayor o menor grado en los rendimientos finales. En este sentido, la calibración de las cosechadoras juega un papel importante, de manera que las unidades deben estar en buen estado y funcionando apropiadamente. Se debe cuidar la velocidad de avance (2 a 3 km/h), con una velocidad de molinete de 16 revoluciones por minuto (rpm) en variedades de fácil desgrane y de 18 a 20 rpm en variedades de desgrane normal, entre otros aspectos, para lo cual se recomienda hacer monitoreo de pérdida de grano constantemente durante esta actividad. Es conveniente revisar el equipo de cosecha previo al proceso, de forma tal que se verifiquen desgastes de piezas que favorezcan la caída de grano, así como también que esté limpio de semillas de malezas u otros contaminantes.



Figura 28. Cosecha mecanizada de arroz. Fotografía: Diddier Moreira.

4.15

Ficha para registro de datos de cosecha

PROYECTO SRI REGISTRO DE COSECHA

Sitio:	Fecha de muestreo:
Fecha de siembra:	Responsable:
Agricultor:	Número de muestreos:

Punto (marcado en el croquis)	SRI										PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Altura de planta											0
Plantas madres											0
Macollos (hijos)											0
Plantas solteras (sin macollos)											0
Tallos											0
Plantas / m ²											0
Número de espigas											0
Longitud de espigas											0
Número de granos											0
Peso de granos											0
Peso de mil granos											0
Humedad de grano											0

Observaciones:

SRI

Sistema Intensivo
de Producción de Arroz



5

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. 2004. Introducción a los cultivos sin suelo.
Cursode fertirriego: manejo en suelos y sustratos agrícolas.
San José, Costa Rica. 23 p.
- Álvarez, J. s. f. Proceso de elaboración de semilleros.
Bagaces, Guanacaste, Costa Rica, CONARROZ.
Documento interno de trabajo.
- Arthur, J. 2015. Experiencias del SRI en República Dominicana.
Santo Domingo, República Dominicana, IICA . 35 p.
- De Laulanié, H. 2011. Intensive Rice Farming in Madagascar.
Tropicultura 29(3):183-187.
- Higuera, O; Cuevas, A. 2015. Guía para el monitoreo y
manejo de enfermedades. Bogotá, Colombia, FEDEARROZ.
- Invernizzi, V; Casulani, G; Rossetti, A. s. f. Sistema comparativo
del trasplante de arroz con técnicas aplicadas por Yanmar
en Japón y “Finca La Toma” en Venezuela (videocasete).
Caracas, Venezuela, Estudios Multivisión. 1 videocasete,
son., color.



6

ANEXO 1: INFORMACIÓN ADICIONAL

FEDEARROZ (Federación Nacional de Arroceros, Colombia); AMTEC (Asociación Masiva de Tecnología, Colombia); IICA (Instituto de Cooperación para la Agricultura, Colombia). 2017. Cultivar más con menos para el arroz (en línea, video). Programa “Vistazo Agropecuario”, Canal TVAgro Colombia. 7 min, 9 seg., son., color. IICA noticias. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=JTx4xf-4prk>.

Instituto del Banco Mundial; IICA (Instituto de Cooperación para la Agricultura). s. f. Sistema de intensificación del cultivo arrocero (SICA). Logrando más con menos, una nueva forma de cultivar arroz (en línea). Kit Multimedia. Disponible en <http://goo.gl/bKj0tr>.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016. Cultivar más con menos: adaptación, validación y promoción del Sistema Intensivo de Cultivo Arrocero (SRI) en las Américas como una respuesta al cambio climático en República Dominicana (en línea, video). 14 min., 24 seg., son., col. IICAnoticias. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=qPEPGzY5xUY>.

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). 2015. Construcción de capacidades: Cultivar más con menos: adaptación, validación y promoción del Sistema de Cultivo Arrocero (SICA) como una respuesta al cambio climático (en línea, video). Washington, D. C., Estados Unidos de América. 4 min., 10 seg., son., color. Disponible en <http://s1.fontagro.org/noticias/construccion-de-capacidades-proyecto-cultivar-m%C3%A1s-con-menos-adaptaci%C3%B3n-validaci%C3%B3n-y-promoci>.

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). 2016. Cultivar más con menos. SRI con trasplante mecanizado (en línea, video). República Dominicana, testimonio de productor arrocero. 4 min., 10 seg., son., col. Disponible en <https://www.fontagro.org/es/publicaciones/videos/cultivar-mas-con-menos-adaptacion-validacion-y-promocion-del-sistema-intensivo-d/>.

Moreira, D. 2015. Implementación Sistema SICA en Venezuela (en línea, video). Calabozo, Venezuela. 7 min., 22 seg., son., col. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=D8Q6wza3hwE>.

REGATTA (Portal para la Transferencia de Tecnología y la Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente); IICA (Instituto de Cooperación para la Agricultura). 2014. Sistema Intensivo de Cultivo de Arroz: experiencias en Costa Rica y República Dominicana (en línea). Disponible en <http://goo.gl/hcVCJe>. (Serie Aportes Técnicos).

SRI Global Inc.; SRI_Rice; CONIAF (Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales); FEDEARROZ (Federación Nacional de Arroceros, Colombia); IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. Sistema intensivo del cultivo de arroz (SRI): produciendo más con menos en un clima cambiante (en línea). Disponible en <http://goo.gl/aEx31Q>. (Serie Aportes Técnicos).

SRI-Rice (International Network and Resources Center). Sitio web. Documentos en español. Disponible en <http://sri.cals.cornell.edu/spanish/index.html>.

Styger, E. 2015. Fundamentos del sistema intensivo del cultivo de arroz (en línea). Traducido, revisado y contextualizado para Latinoamérica por el IICA. San José, Costa Rica, IICA, SRI-Rice. Disponible en <http://goo.gl/m3hsNZ>. (Serie Aportes Técnicos).

Universidad EARTH. 2011. Historias EARTH. Universidad EARTH promueve avances en la producción de arroz (en línea). Guácimo, Costa Rica. Disponible en <https://www.earth.ac.cr/es/feature/universidad-earth-invierte-en-investigaciones-en-arroz/>.

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



Este programa es financiado por FONTAGRO y por el
Fondo para el Medio Ambiente Mundial.