

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ÁREA ACADÉMICA AGROFORESTAL  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RECURSOS  
NATURALES Y TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

MANUAL TÉCNICO DEL SISTEMA DE SIEMBRA DE  
TRASPLANTE MECANIZADO DEL CULTIVO DE ARROZ  
(*Oryza sativa*).

Trabajo Final de Graduación sometido al Tribunal del Área Académica  
Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica para optar por el  
grado de Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de  
Producción

JORGE ANDRÉS ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

Campus Cartago, Costa Rica

2011

## DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso, por permitirme la superación profesional, y principalmente como persona y haberme dado la oportunidad de la enseñanza de la vida.

A mis Padres que conformaron una excelente familia, con su ejemplo y trabajo día a día.

A mis Abuelitas, Adela Murillo y Margarita Vargas, por sus enseñanzas, y ejemplos de esfuerzos, que me motivan a seguir hacia adelante.

## AGRADECIMIENTO

A Dios Todo poderoso.

A mis Padres, Jorge y Lilliana por haberme guiado por el camino de superación con su ejemplo y esfuerzo.

A mis hermanos Luis, José, Lourdes, Fabián, Lilliana y Andrea, quienes siempre me han brindado su apoyo, siendo un soporte sincero.

Además especialmente a Angie por su apoyo incondicional para lograr finalizar el proyecto.

A los compañeros de maestría de la Regional de San Carlos, por su compañerismo que permitió del desarrollo de la carrera de una manera interesante y agradable.

Al Ing. Gerardo Chaves y al Ing. Arnoldo Gadea Rivas por colaborar en el asesoramiento para lograr la culminación del presente estudio.

También a la Corporación Arrocerera Nacional (CONARROZ), por brindar su apoyo en la ejecución de dicho proyecto.

Asimismo a colabores en la ejecución de esta Investigación como lo fue el apoyo de Jorge Alvarez Vargas (mi padre y productor de la Soga), Juan Carlos Jiménez (INTA), José Araya Ugalde (Productor del Asentamiento La Soga), Rafael Solano y Luis Rodríguez (Finca Agropecuaria Elvia), Oscar Montero (Productor de Montenegro).

Finalmente a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo para hacer posible la realización de este trabajo.

## Hoja de Aprobación del Trabajo Final de Graduación

**Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Tribunal del Área Académica Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica , como requisito parcial para optar por el grado de Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción.**

**Ing. Agr. José Gerardo Chaves Alfaro, MAP.** \_\_\_\_\_

**Profesor Tutor**

**Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.** \_\_\_\_\_

**Lector**

**Ing. Gustavo Torres Córdoba, M.Sc.** \_\_\_\_\_

**Presidente del Tribunal**

**Ing. Jorge Andrés Álvarez Rodríguez** \_\_\_\_\_

**Sustentante**

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>Título</u>	<u>Página</u>
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO DE REFERENCIA .....	3
2.1 Marco teórico.....	3
2.1.1 Área sembrada de arroz.....	3
2.1.2 Sistema de trasplante mecanizado .....	3
2.1.3 Elaboración de semilleros .....	4
2.1.4 Impacto del trasplante en el sistema de producción.....	5
2.2 Estabilidad y uniformidad del componente rendimiento.....	5
2.2.1.1 Control de malezas.....	6
2.2.1.2 Control de arrozces maleza o contaminantes .....	7
2.2.1.3 Reducción de la cantidad de semilla .....	8
2.2.1.4 Producción de menor impacto ambiental.....	9
2.3 Marco espacial y marco temporal.....	10
3. MARCO METODOLÓGICO.....	11
3.1 Tipo de estudio .....	11
3.2 Método de investigación .....	11
3.3 Fuentes y técnicas para la recolección de la información.....	11
3.3.1 Observación directa .....	11
3.3.2 Entrevistas.....	12
3.3.3 Fuentes bibliográficas .....	12
3.4 Tratamiento de la información .....	12
3.5 Actividades de extensión.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13

4.1	Manual técnico del sistema de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).....	13-72
4.2	Transferencia de información al sector arrocero nacional .....	73
5.	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	76
5.1	Conclusiones .....	76
5.2	Recomendaciones .....	76
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	77

## TABLA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Tipos de semilleros o almácigos de arroz. ....	4
<b>Cuadro 2.</b>	Capacitaciones o extensión realizada al sector arrocero, sobre el sistema de siembra de trasplante mecanizado de arroz. ....	73

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1:</b>	Área sembrada de arroz en condiciones de riego y de seco, período 2009/2010. Fuente: Conarroz, 2011.	3
<b>Figura 2.</b>	a), b), c). Capacitación sobre el uso, operación y mantenimiento de las máquinas trasplantadoras de arroz. Conarroz, 2011.	73
<b>Figura 3.</b>	a), b), c). Jornada de trabajo. Demostración en cultivo de arroz comercial sobre las ventajas del sistema de producción de arroz mediante la tecnología de trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.	74
<b>Figura 4.</b>	a), b). Establecimiento de cinco hectáreas de arroz mediante el sistema de siembra trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.	74
<b>Figura 5.</b>	a), b). Charla a estudiantes de Ingeniería en Agronomía del curso de Granos básicos del Tecnológico de Costa Rica. Sobre el sistema de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz.	75

## 1. INTRODUCCIÓN

La tecnología del trasplante mecanizado, ha sido validada por el continente asiático, en países como Japón, China y Corea del Sur, que para el 2002 sembró 10,53 millones de hectáreas, de las cuales 8,13 millones de ha, que representan el 77 %; fueron sembradas mediante el sistema de trasplante mecanizado. Por otro lado para el año 2005, Taiwán, empleó un 99 % de la siembra del cultivo de arroz, mediante el trasplante mecanizado y tan sólo unos pocos mediante la siembra directa (s.a. 2007).

Sin embargo en Costa Rica dicha tecnología aún no ha logrado posicionarse, aunque presenta una serie de ventajas, tales como: la reducción de costos (mejor control de malezas, principalmente arroz rojo; y la reducción de la cantidad de semilla/ha). Además genera una mayor sanidad de las plantas de arroz, debido a la baja densidad de siembra, mejor desarrollo radicular, que permite una mejor absorción de nutrientes y desarrollar una mayor resistencia al volcamiento. Aumento en el vigor de los tallos de las plantas, al existir menor competencia por los nutrientes, agua y luz. La tecnología de siembra por trasplante permite el control de arroces contaminantes, ya que el cultivo lleva cierta ventaja sobre el arroz maleza, al momento del trasplante; además, con el manejo de la lámina de agua, la cual permite obtener un cultivo libre de arroces contaminantes (OET, 2006).

En Costa Rica existe poca información con respecto al uso de la tecnología del trasplante mecanizado del cultivo de arroz, por ende el presente manual es un esfuerzo para introducir los detalles que acarrearán la elaboración de semilleros y la operación de la máquina trasplantadora. La información íntegra sobre la tecnología de trasplante mecanizado permitirá a los técnicos y agricultores la adopción del sistema de producción de trasplante mecanizado, que aún no ha logrado consolidarse debido a la falta de información y capacitación con especialistas en el uso de la tecnología.

## **Objetivos**

- Elaborar un manual con recomendaciones técnicas que brinden al productor del sector arrocero nacional un paquete de manejo agronómico para la siembra de arroz mediante la tecnología del trasplante mecanizado.
- Transferir la tecnología del sistema de siembra de trasplante mecanizado.

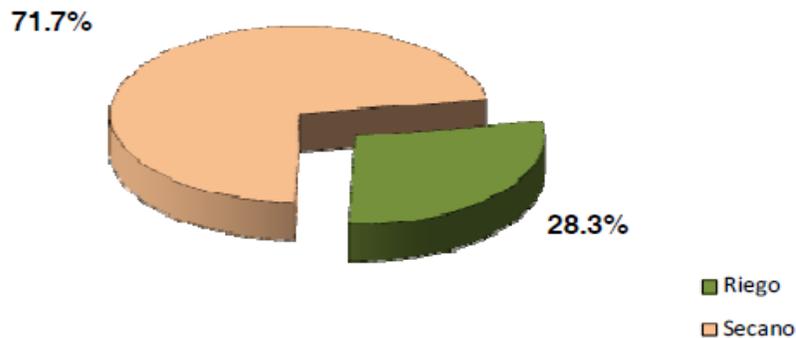
## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Área sembrada de arroz

Según Conarroz 2011, en el período 2009/2010 se inscribieron 68 525 ha, sin embargo se presentaron pérdidas en 2400 hectáreas por efectos de sequía e inundaciones; por lo que el área cosechada en el país fue de 66 415 hectáreas.

En la Figura 1, se muestra que del área total sembrada en el período 2009-2010 el 71,7% se sembró en condiciones de secano y el 28,3% con riego. El área sembrada bajo riego durante dicho periodo fue de 18 776,46 hectáreas; el 99,2 % se ubicaron en la región Chorotega, 0,63% en Pacífico Central y un 0,10% en la región Brunca. Esta información delimitó como marco geográfico del estudio al Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT), ya que es la zona donde se concentra la producción de arroz en terrenos nivelados y con riego; requisitos indispensables para el uso de la tecnología de trasplante mecanizado.



**Figura 1:** Área sembrada de arroz en condiciones de riego y de secano, período 2009/2010. Fuente: Conarroz, 2011.

#### 2.1.2 Sistema de trasplante mecanizado

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.

### 2.1.3 Elaboración de semilleros

**Cuadro 1.** Tipos de semilleros o almácigos de arroz.

Características		Cama húmeda	Cama seca	Alfombra de plántulas	Alfombra de plántulas modificado	Plántulas
<b>Area de semillero/ha</b>		500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	60 a 75 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	250 m <sup>2</sup>
<b>Cantidad de semilla/ha</b>		50 kg	50 kg	40 a 50 kg	1. De 9 a 12 kg de (20x20; 1 planta /golpe) 2. De 18 a 25 kg (20x20; 2 plantas/golpe)	15 a 20 kg
<b>Preparación de la cama</b>	<b>Dimensiones</b>	Nivelación Ancho: 1,5 m Altura: 5 cm Longitud: según sea conveniente	Ancho: 1,5 m Altura: 10-15 cm Longitud: según sea conveniente	Nivelación Ancho: 1 m Altura: 10-15 cm Longitud: 10 a 20 m		Ancho: 0,75 m Altura: 9-12 cm
	<b>Manejo</b>	-----	-----	1. Extender una lámina de plástico sobre la cama. 2. Marco de bambú en los límites de la cama	1. Extender una lámina de plástico sobre la cama. 2. Utilizar un marco de madera, para hacer las divisiones.	1. Bandejas plásticas de tamaño: 59 x 34 con 434 agujeros. 2. 750 bandejas/ha
<b>Sustrato</b>		Suelo	Suelo	Suelo	Suelo: 70-80%; Estiércol descompuesto: 15-20%. Cáscara de arroz: 5-10%	-----
<b>Edad de trasplante</b>		20-25 dds	25-30 dds	8-15 dds	15 dds	12-15 dds
<b>Tipo de trasplante</b>		Manual	Manual	Mecanizado	Mecanizado	Manual o mecanizado al voleo
<b>Nutrición</b>		20-40 g/m <sup>2</sup> DAP (18-46-0).	-----	-----	1. DAP 1,5 kg/100 m <sup>2</sup> 2. De 9 dds aplicar 1,5 kg de urea/300 litros de agua en 100 m <sup>2</sup> .	-----
<b>Manejo del riego</b>		1. Realizar el riego dos o tres dds. 2. Mantener el nivel de agua de 2 a 5 cm dependiendo de la altura de las plántulas	1. Agua hasta la saturación de la cama después de la siembra. 2. Realizar periódicamente mojes de saturación de la cama	1. Roclar con agua después de la siembra. 2. Mantener la cama siempre húmeda	1. Roclar con agua después de la siembra. 2. Proteger el vivero de la lluvia durante los primeros 5 días. 3. El día 6 o 7 inundar el semillero hasta los 15 días.	-----

Elaborado con información de Balasubramanian (IRRI). s.f.

#### **2.1.4 Impacto del trasplante en el sistema de producción**

### **2.2 Estabilidad y uniformidad del componente rendimiento**

Según el CSISA (2011), por medio del trasplante mecanizado se logra garantizar una densidad óptima y espaciamiento uniforme entre plantas de arroz; por ende un rendimiento de arroz estable, que incide en la obtención de una mayor producción. Esto se logra mediante una siembra uniforme, con una distancia entre plantas y filas igual en todo el campo, que agrantiza una mejor captación de la radiación solar y un crecimiento uniforme del cultivo.

Según el CIAT (1980), el espaciamiento óptimo para un rendimiento máximo depende de la variedad, la fertilización del suelo, y la época en que se lleva a cabo el trasplante. Asimismo, según Jennings *et al.* (1985), mencionado por Cardoza y González (2004), indican que el rendimiento estará en dependencia de los nutrientes, agua y espacio, por ello con el uso del sistema de producción de trasplante, se logra la máxima expresión del macollamiento y una agrupación compacta de tallos, permitiendo que las macollas obtengan un mayor aprovechamiento de los nutrientes y a la vez reciban mayor radiación solar; coadyuvando a la expresión de un mayor rendimiento.

Según Quintero (2009), y Balasubramanian (IRRI), el componente más importante en la definición del rendimiento es el número de panojas o tallos efectivos/m<sup>2</sup>, mencionando como parámetro óptimos la obtención de 350 a 400 panículas/m<sup>2</sup> en época de invierno y de 450 a 600 panícula/m<sup>2</sup> en época verano. Además consideran que entre los factores que influyen la obtención de tallos efectivos/m<sup>2</sup>, se pueden mencionar: la disponibilidad de nitrógeno en el macollamiento, la población inicial y la capacidad de macollamiento de la variedad.

Según el CIAT mencionado por Lira y Ruiz (2005), el número de tallos deseado para la obtención de un buen rendimiento debe ser mayor de 25 tallos/macolla.

La población inicial influye en la obtención de panículas/m<sup>2</sup>, lo cual fue demostrado por el CIAT (1980), durante las investigaciones con la variedad CICA 8 en 1978, donde se obtuvieron mayores rendimientos trasplantando a una distancia de 20 x 20 cm entre sitios que a 30 x 30 y 40 x 40 cm, lo cual se debe a que existe una menor distancia entre hilera y plantas, obteniéndose una mayor población inicial/m<sup>2</sup>.

En cuanto a plantas por sitio o golpe, el CIAT (1980), menciona que no encontraron diferencias significativas en el rendimiento al sembrar dos, cuatro o seis plantas por sitio de siembra.

Es importante tener en cuenta que otros componentes también influyen en el rendimiento del cultivo como lo son: el número de espiguillas por panícula y el peso de la panícula, donde Matsuo (1964) y el IRRI (1970) mencionados por el CIAT (1980), argumentan que con un incremento en la población, el número de panículas por unidad de área aumenta, pero decrece el número de espiguillas por panícula y por ende el peso de la misma.

#### **2.2.1.1 Control de malezas**

El trasplante mecanizado permite mantener el agua desde el inicio con el establecimiento del cultivo hasta la cosecha, por lo cual muchas malezas pierden su oportunidad de emergencia, ya que según menciona la Corporación Comarca (2002), la lámina de agua actúa como herbicida natural, evitando así el uso de productos químicos para este fin. Este criterio lo refuerza Quirós y Martínez (2000), quienes mencionan que la lámina de agua debe mantenerse constante durante el ciclo del cultivo de arroz.

El trasplante de plántula, permite al arroz competir, ya que crece a un ritmo más rápido que las malezas, las cuales aún no han germinado en el momento del trasplante.

### **2.2.1.2 Control de arroz maleza o contaminantes**

Existen terrenos donde no es económicamente viable sembrar el cultivo de arroz mediante los sistemas de producción convencionales, requiriéndose la implementación de una estrategia amplia que integre varias prácticas de manejo culturales, químicas y mecánicas, con el fin de contrarrestar la emergencia de los arroz maleza. Actualmente los terrenos del Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT), en Guanacaste, presentan dicho problema, por lo cual el sistema productivo de trasplante mecanizado, podría ser una alternativa para aquellos productores con una alta presencia de arroz malezas en su campo.

Según Dunand (1988), mencionado por Ortiz *et al.* (2000), el arroz rojo no sólo interfiere con el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) sino que también causa problemas posteriores. La contaminación de los granos de arroz cosechados con arroz rojo ocasiona una disminución del rendimiento en molino y en el valor del producto final, debido a la fragilidad de los granos de arroz rojo.

Según Fischer y Ramírez (1993), con una infestación de arroz rojo, de 24 plantas/m<sup>2</sup> la producción de arroz disminuye en un 10% si se le permite competir durante 40 dde, y en un 75% si compite durante toda la temporada.

El sistema productivo de trasplante mecanizado requiere de una preparación del suelo, en saturación con agua, mediante el fanguero o roto cultivador, permitiendo mantener las terrazas con lámina de agua y provocar la anoxia del banco de semillas de malezas. También, al cubrir las semillas con barro, se hace difícil su germinación, ya que evita la entrada de oxígeno y calor para la semilla, indispensable para que se active el proceso de germinación (FAO, Fischer, 1999).

Otro aspecto importante es que el arroz es trasplantado con 14 cm de altura, esto permite el ingreso de la lámina de agua de una manera pronta y oportuna; disminuyendo y retrasando la emergencia de arroz contaminantes, dado que el agua es considerada como uno de los mejores herbicidas, al permitir

que las semillas queden sin oxígeno, en condiciones de menor temperatura, reduciendo la germinación y emergencia de las plantas (OET, 2005).

Se debe tomar en cuenta que existen herbicidas que a altas dosis actúan como preemergentes, al eliminar las semillas que inician su germinación pero aún no han emergido, por lo cual los efectos de estos herbicidas no son tan visibles, ya que las plantas dañadas no llegan a emerger. Dichos herbicidas presentan un modo de acción como inhibidores del crecimiento, los cuales al aplicarlos en el cultivo de arroz, logran evitar la emergencia de arroces contaminantes y en general de cualquier maleza, pero es necesario el uso de protectores o “safener” que aún no se encuentran registrados en el país; sin embargo en el sistema de siembra de trasplante, no es necesario el uso de protectores para la semilla, debido a que se cuenta con la ventaja de que se siembra la plántula y no semilla, y el herbicida tiene poca actividad foliar (Rosales, Esqueda; s.f).

### **2.2.1.3 Reducción de la cantidad de semilla**

Según Balasubramanian, IRRI (s.f.), para el sistema de trasplante mecanizado se requiere aproximadamente 32 kg/ha de semilla, comparado con un rango de 90 a 160 kg/ha de semilla en el sistema convencional; es decir, un ahorro de al menos un 65 %. Dicha reducción en los costos de producción, permite realizar la siembra con semilla de mayor calidad y por ende posiblemente de mayor precio. Asimismo al ser poca la cantidad de semilla a utilizar permite tratarla con productos de mayor calidad que suelen ser más caros, que potencien un mejor desarrollo, como: enraizadores, fungicidas, bactericidas y elementos orgánicos.

La utilización de menos semilla se debe a que existe un menor riesgo en el establecimiento del cultivo, ya que comúnmente se utilizan desde 2 qq/ha en siembra directa hasta 3,5 qq/ha en siembra al voleo, ya que se manejan criterios técnicos donde un método de siembra podría afectar o mejorar el establecimiento del cultivo, por lo cual si existen factores de riesgo que atenten contra un

establecimiento óptimo del cultivo, se recomienda el aumentar la cantidad de semilla a sembrar. Según la OET (2005), ejemplos de dichos factores pueden ser las fuertes lluvias, con la consecuente generación de charcos o pozas que al calentarse afectan la germinación de la semilla de arroz, además las aves podrían comer la semilla expuesta, principalmente los piches (*Dendrocygna bicolor*) que son atraídos por el espejo de agua. Otras plagas podrían afectar a la semilla durante la germinación y emergencia. Dichos riesgos no ocurrirán mediante la siembra de plántulas por medio del trasplante, esta es una de las causas por la cual se requiere menor cantidad de semilla /ha.

#### **2.2.1.4 Producción de menor impacto ambiental**

Según el CSISA (2011), existe una menor incidencia de enfermedades, en consecuencia una menor aplicación de fungicidas y bactericidas; lo cual fue corroborado por el CIAT (1980), ya que concluyeron que la baja densidad de siembra del trasplante, permite una mayor aireación del cultivo, menor humedad relativa, menor roce entre las plantas, evitándose el desarrollo y transporte de enfermedades en la plantación.

Por las ventajas del sistema de trasplante en el control de malezas, se requiere una menor cantidad de herbicidas, todo ello permite la obtención de un arroz a menor costo e impacto ambiental.

Es importante enfatizar que la disponibilidad de agua para la agricultura es cada vez más escasa, por ende el sistema de trasplante mecanizado permite disminuir los requerimientos de agua de un cultivo de arroz; dado que la semilla en los primeros días, está en el área de semilleros, en un ambiente semi-controlado donde el consumo de agua es mínimo, al contrario del campo donde se necesitarían mojes continuos con el fin de permitir la germinación de las semillas y por ende el requerimiento de gran cantidad de agua. Según la Corporación Comarca (2002), en el sistema de trasplante se utilizan entre 8500 y 9000 m<sup>3</sup>/ha/cosecha, mientras que en el convencional se utilizan 14000 m<sup>3</sup>/ha/cosecha.

### **2.3 Marco espacial y marco temporal**

En el presente trabajo se confeccionará un manual técnico del sistema de trasplante mecanizado del cultivo de arroz, con el fin de entregarle al productor una nueva alternativa o herramienta de producción; por lo cual la investigación se encontrará enmarcada dentro de la rama “técnica agrícola”, específicamente en el campo del cultivo de arroz.

La información generada y sistematizada en el manual, funcionará en cualquier sistema productivo de arroz bajo riego, con la nivelación del terreno. La delimitación geográfica espacial se enfocó a la región Chorotega ya que según Conarroz (2011), esta región muestra la mayor área de siembra de arroz inundado del país. La investigación se efectuó durante el año 2010 y 2011.

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de estudio**

Corresponde a una investigación de tipo descriptiva apegada a la modalidad de campo, dado que el fin de la investigación es trabajar sobre la realidad del sistema de siembra de trasplante mecanizado, presentando un manual técnico que le otorgue al productor un mayor entendimiento sobre el manejo agronómico del cultivo de arroz producido mediante dicho sistema; así mismo el estudio se apoya en el modelo de campo, ya que se ha solicitado datos a personas con experiencia en el manejo de la tecnología de trasplante mecanizado.

#### **3.2 Método de investigación**

Se utilizó el método de investigación empírico-analítico para la obtención de la información.

#### **3.3 Fuentes y técnicas para la recolección de la información**

##### **3.3.1 Observación directa**

La metodología de investigación utilizada fue la observación directa en el campo, como fuente principal para la recopilación de la información. Dicha observación directa se realizó por medio de la ejecución de actividades físicas y acciones cotidianas, como la ejecución de ensayos de validación del sistema de trasplante mecanizado en el DRAT, realizados con la Dirección de Investigación y Tránsito de Tecnología de Conarroz, específicamente en el área de manejo agronómico de la regional Chorotega. Además se ha trabajado en el establecimiento de proyectos de trasplante a productores de arroz que soliciten el servicio de alquiler de la máquina trasplantadora de Conarroz.

### **3.3.2 Entrevistas**

En el campo se aplicaron entrevistas no estructuradas, es decir, preguntas abiertas o conversaciones, dirigidas a personas con experiencia en la operación de máquinas trasplantadoras y en el manejo agronómico del cultivo de arroz establecido mediante trasplante manual o mecanizado.

### **3.3.3 Fuentes bibliográficas**

Se utilizó referencias bibliográficas para respaldar la información recopilada mediante las otras técnicas mencionadas.

### **3.4 Tratamiento de la información**

La información obtenida fue sometida al análisis, organización y sistematización en un Manual técnico de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

### **3.5 Actividades de extensión**

Con el fin de desarrollar la tecnología del trasplante mecanizado en Costa Rica y favorecer la competitividad del productor arrocero se realizaron jornadas de trabajo, charlas y capacitaciones, para comunicar la información a los participantes como: productores, estudiantes, técnicos, y profesionales involucrados con el sector arrocero nacional. Asimismo se dio seguimiento de los procesos técnicos en proyectos de trasplante mecanizado, con el objeto de obtener el éxito en el establecimiento de los mismos; realizados en el ámbito de las funciones de Conarroz en la región Chorotega.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Manual técnico del sistema de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz (*Oryza sativa*).**

A continuación se presenta el resultado principal del presente Trabajo Final de Graduación consistente en un Manual técnico del sistema de siembra de trasplante mecanizado, que incluye en forma general todos los procesos relacionados al trasplante como un sistema, estructurado como una secuencia lógica como se ejecuta el sistema integralmente en el campo.

# **Manual técnico del sistema de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz (*Oryza sativa*).**

**Maestría en Gestión de Recursos Naturales  
y Tecnologías de Producción**

Responsable del contenido científico:  
Ing. Agr. Jorge A. Alvarez Rodríguez

## INDICE DE CONTENIDO

<u>Título</u>	<u>Página</u>
1. PRESENTACIÓN .....	22
2. INTRODUCCIÓN .....	23
3. FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL TRASPLANTE MECANIZADO DE ARROZ .	24
3.1. Que es trasplante mecanizado de arroz? .....	24
3.2. Ventajas del trasplante mecanizado del cultivo de arroz .....	24
3.2.1. Estabilidad y uniformidad en el rendimiento .....	24
3.2.2 Control de malezas .....	25
3.2.3 Control de arroces maleza o contaminantes .....	26
3.2.4 Reducción de la cantidad de semilla .....	27
3.2.5 Producción de menor impacto ambiental .....	27
3.2.6 Incremento radicular.....	28
3.3. Requerimientos para el éxito del establecimiento del cultivo de arroz por el sistema de trasplante mecanizado.....	29
3.3.1 Preparación de terreno.....	29
3.3.2 Semillero para trasplante mecanizado de arroz .....	30
3.3.2.1 Densidad de siembra.....	30
3.3.2.2 Profundidad del sustrato que se le adiciona a la bandeja del semillero..	31
3.3.2.3 Desarrollo radicular del semillero.....	35
3.3.2.4 Altura de las plántulas.....	35
3.3.3 Variedad para el trasplante mecanizado de arroz y momento óptimo del trasplante .....	36
4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS SEMILLEROS DE ARROZ .....	38
4.1 Preparación del sustrato.....	38

4.1.1 Selección .....	38
4.1.2 Secado y almacenamiento .....	39
4.1.3 Tamizado del sustrato .....	39
4.1.4 Cantidad y mezcla de sustrato por bandeja .....	40
4.2 Preparación de las bandejas .....	40
4.3 Preparación de la semilla .....	41
4.3.1 Selección de la semilla con agua salada (gravedad específica) .....	41
4.3.2 Desinfección de la semilla .....	42
4.3.3 Pregerminación de la semilla .....	43
4.4 Siembra .....	45
4.5 Período de incubación .....	48
4.6 Preparación de la cama para la colocación de las bandejas .....	48
4.7 Aclimatación (traslado del semillero a las camas de vivero) .....	50
4.8 Manejo del semillero en las camas de vivero .....	52
4.8.1 Manejo del riego .....	52
4.8.2 Nutrición .....	53
4.8.3 Combate de plagas .....	53
5. DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRASPLANTE, TIPOS, PARTES Y OPERACIÓN BÁSICA DE LA MÁQUINA TRASPLANTADORA DE ARROZ .....	54
5.1 Tipos de trasplantadoras de arroz .....	54
5.1.1 Trasplantadora de arroz de operación manual .....	54
5.1.2 Trasplantadora de arroz autopropulsada .....	55
5.2 Proceso de siembra y manejo de poblaciones del trasplante mecanizado de arroz .....	57
5.3 Ajustes para la calibración de densidad de siembra .....	59
5.3.1 Distancia de siembra entre plántulas .....	61
5.3.2 Caja de cambios de la velocidad de la faja del apero .....	62
5.3.3 Palanca de control de cantidad de plantas/golpe de siembra .....	63
5.3.4 Angulo de la aguja .....	64

5.4	Procedimientos a recordar en la operación de la máquina trasplantadora	65
6	CRONOGRAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO DE ARROZ, POR MEDIO DEL SISTEMA DE SIEMBRA DE TRASPLANTE MECANIZADO .....	66
7	GLOSARIO.....	68
8	BIBLIOGRAFÍA.....	70

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Combinación de posición de palancas para determinar la distancia de la siembra entre plantas.....	62
<b>Cuadro 2.</b>	Cronograma para la siembra de arroz por medio del sistema de trasplante mecanizado. .....	66

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Población y rendimiento de arroz uniforme, mediante la siembra por trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.	25
<b>Figura 2.</b>	La lámina de agua, es un aliado en el control de malezas en el sistema de siembra por trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.	25
<b>Figura 3.</b>	a), b), c), d), e). Tipos de arroces contaminantes ( <i>Oryza latifolia</i> “arroz pato” y <i>Oryza sativa</i> “arroz rojo”). Fuente: Ortiz, 2006.	26
<b>Figura 4.</b>	Área de semillero, formado por el agrupamiento de bandejas. Conarroz, 2011.	28
<b>Figura 5.</b>	Desarrollo radicular de plantas de arroz cultivadas por el sistema de siembra de trasplante mecanizado. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.	28
<b>Figura 6.</b>	Implementos para la preparación del terreno. a) Roto cultivador. b) Fangueador. Conarroz, 2011.	29
<b>Figura 7.</b>	Uniformidad óptima de la alfombra del semillero. Conarroz, 2011.	30
<b>Figura 8.</b>	Mala uniformidad de la alfombra del semillero. Conarroz, 2011.	31
<b>Figura 9.</b>	Efecto de la profundidad del sustrato del semillero menor a la óptima. Elaboración propia. 2011.	32
<b>Figura 10.</b>	Efecto de la profundidad del sustrato del semillero óptima. Elaboración propia, 2011.	33
<b>Figura 11.</b>	Efecto de la profundidad del sustrato del semillero mayor a la óptima. Elaboración propia, 2011.	34
<b>Figura 12.</b>	a). Óptimo desarrollo radicular que permite el amarre de la alfombra b) Pobre desarrollo radicular, que dificultad la obtención de una alfombra de semillero integra. Conarroz, 2011.	35
<b>Figura 13.</b>	Semillero listo para ser trasplantado. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.	37
<b>Figura 14.</b>	Mezcla de sustrato óptimo para el desarrollo de semilleros de arroz. Conarroz, 2011.	38
<b>Figura 15.</b>	a), b). Tamizado del sustrato a utilizar en la elaboración de los semilleros. Conarroz, 2011.	40
<b>Figura 16.</b>	Dimensiones de la bandeja de semillero. Elaboración propia, 2011.	41

- Figura 17.** a) Selección de semillas en la solución salina. b) Huevo fresco de gallina flotando. c) Semilla vana flota y semilla sana se hunde. d) Densidad del agua. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 42
- Figura 18.** Tratamiento de la semilla. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 43
- Figura 19.** a), b). Pregerminación de la semilla. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 43
- Figura 20.** a), b). Condición óptima de germinación de la semilla, momento ideal para la siembra. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 44
- Figura 21.** a) Siembra manual. b) Siembra mecanizada del semillero o almácigo de arroz. Conarroz, 2011. 45
- Figura 22.** a), b). Colocación del periódico sobre la bandeja. Conarroz, 2011. 46
- Figura 23.** Bandeja con mezcla de sustrato homogéneo. Conarroz, 2011. 46
- Figura 24.** Riego por aspersión del semillero o almácigo de arroz. Conarroz, 2011. 47
- Figura 25.** Bandejas ordenadas en columnas, durante el periodo de incubación. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 48
- Figura 26.** Dimensiones para la elaboración de las camas del semillero. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 49
- Figura 27.** a), b). Mala homogeneidad de los semilleros debido a fallos en la nivelación de las camas. Conarroz, 2011. 49
- Figura 28.** a) Preparación de la cama para una correcta nivelación. b) Pase de codal para nivelar. c) Colocación de las bandejas en las camas de vivero. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual. 50
- Figura 29.** Emergencia óptima y uniforme de las plántulas del semillero de arroz. Conarroz, 2011. 51
- Figura 30.** Mala uniformidad de emergencia de las plántulas del semillero de arroz. Conarroz, 2011. 51
- Figura 31.** Sustrato que tapa la semilla y dificulta la emergencia de las plántulas. Conarroz, 2011. 52
- Figura 32.** a), b). Trasplantadora de arroz de operación manual, propiedad del INTA de Costa Rica. Conarroz, 2011. 54
- Figura 33.** Partes de una trasplantadora de arroz de operación manual. Fuente: INIFAP y JICA, 1993. 55

<b>Figura 34.</b> Trasplantadora de arroz autopropulsada. Conarroz, 2011.	56
<b>Figura 35.</b> a), b), c), d). Partes de la máquina trasplantadora autopropulsada de arroz. Conarroz, 2006.	56
<b>Figura 36.</b> Distancias de siembra de trasplante mecanizado. Elaboración propia, 2011.	57
<b>Figura 37.</b> a), b). Manejo del agua al momento del trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.	58
<b>Figura 38.</b> a), b). Plántulas flotando por problema de oleaje en la lámina de agua. Conarroz, 2011.	59
<b>Figura 39.</b> Máquina trasplantadora autopropulsada MPR8D, propiedad de Conarroz. Fuente: Conarroz, 2011.	59
<b>Figura 40.</b> Porción de la alfombra o número de plantas/golpe de siembra. Elaboración, 2011.	60
<b>Figura 41.</b> Algunos ejemplos de modelos de máquinas trasplantadoras a) Kubota SPU-68C. b) Mitsubishi MPR8D. Conarroz, 2011.	61
<b>Figura 42.</b> a), b). Palancas que fijan la distancia de siembra entre plantas. Conarroz, 2006.	62
<b>Figura 43.</b> a), b). Palanca que relaciona el número de plantas con la velocidad de movilidad de las fajas. Conarroz, 2006.	63
<b>Figura 44.</b> a), b). Palanca con posiciones para el control de la cantidad de plantas por punto de siembra. Conarroz, 2006.	63
<b>Figura 45.</b> Brazo de siembra donde se ajusta el ángulo de la aguja. Conarroz, 2011.	64

## **1. PRESENTACIÓN**

En Costa Rica existe falta de información y capacitación en el sistema de siembra por trasplante mecanizado del cultivo de arroz. El presente manual técnico es una recopilación y sistematización de la información sobre la tecnología involucrada en el sistema de trasplante mecanizado, con el fin de estimular el desarrollo de la actividad arrocera competitiva, con rentabilidad y sostenibilidad ambiental.

Este documento es una descripción ilustrada de los procesos involucrados en el trasplante mecanizado de arroz, como una herramienta para ser utilizada por técnicos y productores del sector arrocero para facilitar la adopción de la tecnología del sistema de producción de trasplante mecanizado.

## 2. INTRODUCCIÓN

La tecnología del trasplante mecanizado, ha sido validada en países del continente asiático, como Japón, China y Corea del Sur, que para el 2002 sembró 10,53 millones de hectáreas, de las cuales 8,13 millones de ha, que representan el 77 %; fueron sembradas mediante el sistema de trasplante mecanizado. Por otro lado para el año 2005, Taiwán, empleó un 99 % de la siembra del cultivo de arroz, mediante el trasplante mecanizado y tan sólo unos pocos mediante la siembra directa (s.a. 2007).

En Costa Rica la tecnología del trasplante mecanizado aún no ha logrado posicionarse, aunque presenta una serie de ventajas, tales como: la reducción de costos (mejor control de malezas, principalmente arroz rojo; y la reducción de la cantidad de semilla/ha a utilizar durante la siembra); genera una mayor sanidad de las plantas de arroz, debido a la baja densidad de siembra, mejor desarrollo radicular, que permite una mejor absorción de nutrientes y desarrollar una mayor resistencia al volcamiento; promueve el aumento en el vigor de los tallos de las plantas, al existir menor competencia por los nutrientes, agua y luz. Esta tecnología permite el control de arroces contaminantes, que es uno de los problemas más importantes que aquejan a la producción de arroz bajo riego. Adicionalmente el sistema de trasplante mecanizado con un manejo adecuado de lámina de agua permitiría obtener un cultivo libre de arroces contaminantes (OET, 2006).

El presente manual es un esfuerzo para presentar integralmente los fundamentos para el uso de la tecnología del trasplante mecanizado.

### **3. FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL TRASPLANTE MECANIZADO DE ARROZ**

#### **3.1. Que es trasplante mecanizado de arroz?**

El sistema de trasplante mecanizado de arroz es el proceso de siembra de plántulas de arroz establecidas previamente en una bandeja o vivero tipo alfombra. Dichas plántulas son sembradas con un espaciamiento predeterminado utilizando una máquina trasplantadora autopropulsada en un terreno que previamente fue preparado para crear una consistencia lodosa (IRRI, 2003).

#### **3.2. Ventajas del trasplante mecanizado del cultivo de arroz**

Es importante resaltar las ventajas del sistema de siembra de trasplante mecanizado:

##### **3.2.1. Estabilidad y uniformidad en el rendimiento**

El logro de un rendimiento de arroz estable, colabora en la obtención de una mayor producción. El sistema de siembra de trasplante mecanizado, realiza una siembra uniforme, con una distancia entre plantas y filas igual en todo el campo, que garantiza una mejor captación de la radiación solar y un crecimiento uniforme del cultivo (CSISA, 2011).

La separación uniforme entre las plántulas de arroz permite a cualquier variedad explotar su potencial de macollamiento y maximizar el aprovechamiento de nutrientes, evitando la competencia, logrando la obtención de un mayor porcentaje de tallos efectivos y obteniendo un cultivo más eficaz en su producción. Ver Figura 1.



**Figura 1.** Población y rendimiento de arroz uniforme, mediante la siembra por trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.

### **3.2.2 Control de malezas**

El trasplante mecanizado permite mantener el agua desde el inicio con el establecimiento del cultivo hasta la cosecha, por lo cual muchas malezas pierden su oportunidad de emergencia, ya que la lámina de agua como se observa en la Figura 2, actúa como herbicida natural, evitando así el uso de productos químicos para este fin (Corporación Comarca, 2002).

Además al sembrar plántulas, le permite al arroz competir, ya que crece a un ritmo más rápido que las malezas, las cuales aún no han germinado en el momento del trasplante.

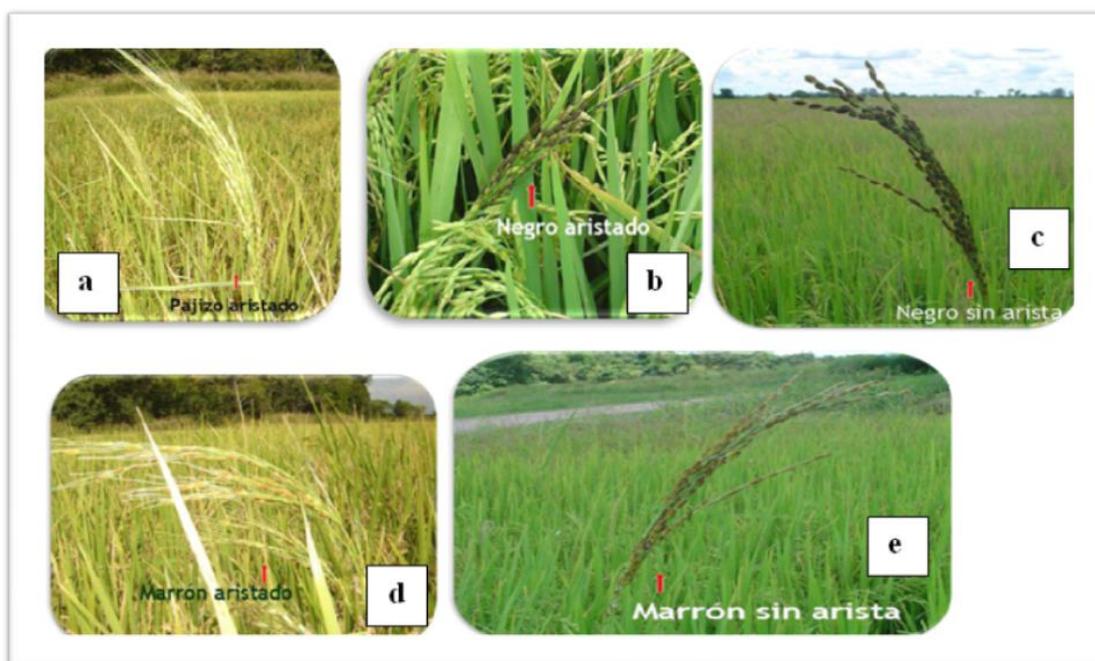


**Figura 2.** La lámina de agua, es un aliado en el control de malezas en el sistema de siembra por trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.

### 3.2.3 Control de arroz maleza o contaminantes

El arroz contaminante no sólo interfiere con el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), al ocasionar una disminución del rendimiento en granza, sino que también causa problemas a posteriori; ya que la contaminación de los granos de arroz cosechados con arroz rojo, ocasiona una disminución del rendimiento en molino y en el valor del producto final, debido a la fragilidad de los granos de arroz rojo (Ortiz *et al.*, 2000).

En la Figura 3 se presentan tipos de arroz contaminantes que se encuentran en campos infestados.



**Figura 3.** a), b), c), d), e). Tipos de arroz contaminantes (*Oryza latifolia* “arroz pato” y *Oryza sativa* “arroz rojo”). Fuente: Ortiz, 2006.

El sistema productivo de trasplante mecanizado permite el control de los arroz contaminantes porque requiere de una preparación del suelo, en saturación con agua, mediante el fanguero o roto cultivador, permitiendo mantener las terrazas con lámina de agua y provocar la anoxia del banco de semillas de malezas, también al cubrir las semillas con barro, se dificulta su germinación, ya

que evita la entrada de oxígeno y calor para la semilla, indispensable para que se active el proceso de germinación (FAO, Fischer, 1999). Adicionalmente, el arroz es trasplantado con 14 cm de altura; esto permite el ingreso de la lámina de agua de una manera pronta y oportuna, disminuyendo y retrasando la emergencia de arroses contaminantes, dado que el agua es considerada como uno de los mejores herbicidas, al permitir que las semillas queden sin oxígeno, en condiciones de menor temperatura, reduciendo la germinación y emergencia de las plantas (OET, 2005).

### **3.2.4 Reducción de la cantidad de semilla**

El sistema de siembra de trasplante mecanizado requiere aproximadamente 32 kg/ha de semilla, comparado con un rango de 90 a 160 kg/ha de semilla en el sistema de siembra convencional; es decir, un ahorro de al menos un 65 % .

La reducción en los costos de producción por utilizar menos semilla, permite realizar la siembra con semilla de mayor calidad y posiblemente de mayor precio. Asimismo, al ser poca la cantidad de semilla a utilizar permite tratarla con productos de mayor calidad que suelen ser más caros, que potencien un mejor desarrollo, como: enraizadores, fungicidas, bactericidas y elementos orgánicos.

### **3.2.5 Producción de menor impacto ambiental**

En los lotes de trasplante mecanizado existe una menor incidencia de enfermedades; en consecuencia una menor aplicación de fungicidas y bactericidas; esto se debe a que la baja densidad de siembra del trasplante, permite una mayor aireación del cultivo, menor humedad relativa, menor roce entre las plantas, evitándose el desarrollo y transporte de enfermedades en la plantación (CIAT, 1980).

El sistema de siembra de trasplante, permite disminuir los requerimientos de agua de un cultivo de arroz; dado que la semilla en los primeros días está en el área de semilleros, como se muestra en la Figura 4, en un ambiente semi-

controlado donde el consumo de agua es mínimo, al contrario del campo donde se necesitarían mojes continuos con el fin de permitir la germinación de las semillas, con el requerimiento de gran cantidad de agua (CSISA, 2011).



**Figura 4.** Área de semillero, formado por el agrupamiento de bandejas. Conarroz, 2011.

### 3.2.6 Incremento radicular

La ausencia de hacinamiento, permite que las plantas desarrollen tres veces más la longitud y diámetro de la raíz, como se muestra en la Figura 5, logrando una mayor fortaleza de la planta, lo cual evita el volcamiento por vientos fuertes y lluvias.



**Figura 5.** Desarrollo radicular de plantas de arroz cultivadas por el sistema de siembra de trasplante mecanizado. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

### 3.3. Requerimientos para el éxito del establecimiento del cultivo de arroz por el sistema de trasplante mecanizado

#### 3.3.1 Preparación de terreno

La preparación del terreno es determinante para el éxito del establecimiento del trasplante mecanizado. Se requiere la nivelación del terreno.

Si las condiciones de humedad del terreno lo permiten se realiza un pase de rastra con el fin de incorporar los rastrojos de la cosecha anterior. Luego un moje, para permitir la germinación y realizar un agotamiento. Seguidamente a los 10 días aproximadamente, se inunda la terraza con el fin de realizar el fanguero o pases de roto cultivador.

Al último pase de fanguero o roto cultivador, se le adicionará un tubo detrás del tractor para homogenizar el terreno. Esta preparación se debe realizar con un tractor liviano con el fin de no profundizar el terreno (Figura 6).



**Figura 6.** Implementos para la preparación del terreno. a) Roto cultivador. b) Fanguador. Conarroz, 2011.

Después de la preparación, se debe mantener inundado por alrededor de 10 días con el fin de permitir que el suelo se asiente y evitar el lavado o pérdida del mismo, además de lograr una mejor descomposición de la materia orgánica proveniente de los rastrojos.

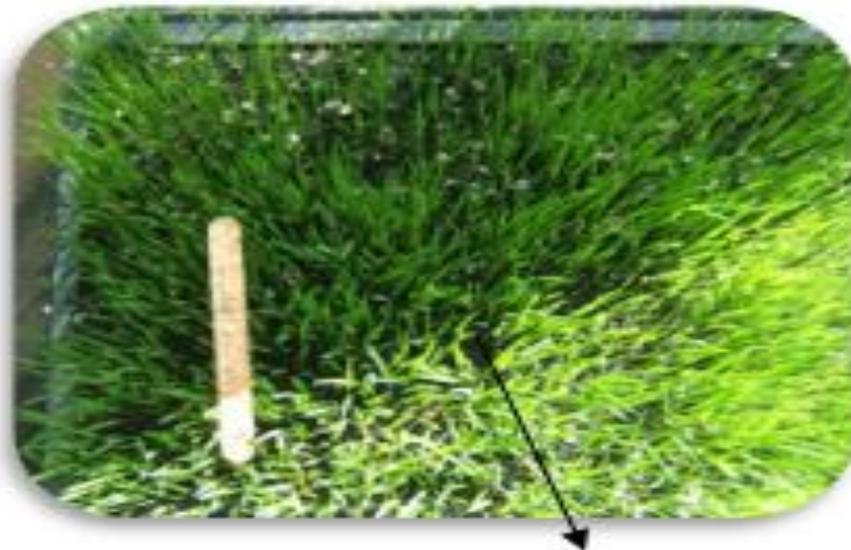
### 3.3.2 Semillero para trasplante mecanizado de arroz

#### 3.3.2.1 Densidad de siembra

Se debe considerar que durante el trasplante las agujas del sistema de siembra de la máquina trasplantadora toman porciones de la alfombra del semillero, de manera continua, por lo cual, sí en la bandeja existen huecos o ausencia de plántulas, ocurrirán fallos de siembra durante el trasplante. En este sentido es importante realizar la siembra de la bandeja a una alta densidad, con el fin de garantizar la uniformidad del semillero y óptimo establecimiento del cultivo durante el trasplante.

***Un semillero uniforme permite (Figura 7):***

- El establecimiento del cultivo con un crecimiento uniforme.
- Mayor eficiencia en el trabajo al disminuir las áreas a resembrar a mano.
- Rendimiento estable del cultivo.



**Buena uniformidad**

**Figura 7.** Uniformidad óptima de la alfombra del semillero. Conarroz, 2011.

***Un semillero desuniforme ocasiona (Figura 8):***

- Fallos en golpes de siembra, que originará un crecimiento desuniforme del cultivo.
- Mayores costos al ser necesario la resiembra manual de las áreas descubiertas.
- El rendimiento del cultivo podría disminuir.



Mala uniformidad, existen huecos o ausencia de plantas en secciones de la bandeja

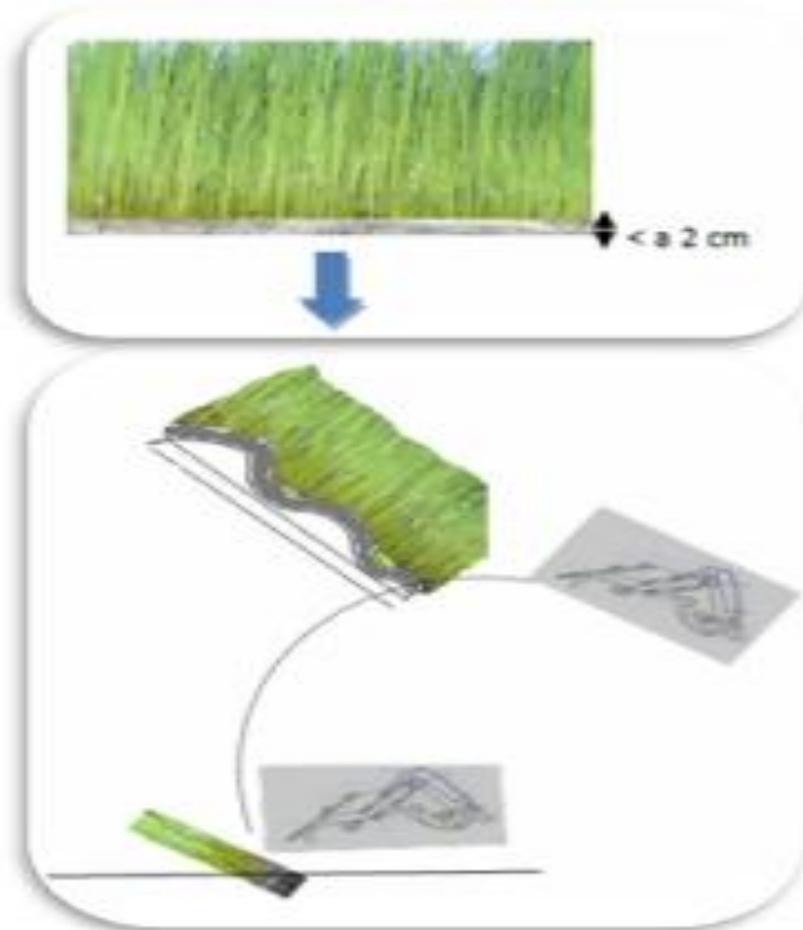
**Figura 8.** Mala uniformidad de la alfombra del semillero. Conarroz, 2011.

**3.3.2.2 Profundidad del sustrato que se le adiciona a la bandeja del semillero**

La profundidad del sustrato del semillero influye en el óptimo funcionamiento de la máquina, por lo cual para lograr un trasplante óptimo es necesaria una profundidad alrededor de 2,5 a 3 cm. Si la profundidad del sustrato es:

**Menor a la óptima ocasiona las siguientes desventajas:**

En la Figura 9 se observa que cuando el grosor del sustrato es menor a 2 cm de profundidad, el semillero se enrollará entre las fajas del apero, ocasionando que se taquee el sistema de siembra de la máquina trasplantadora; en consecuencia se sembrarán plántulas de forma inclinada y errónea.

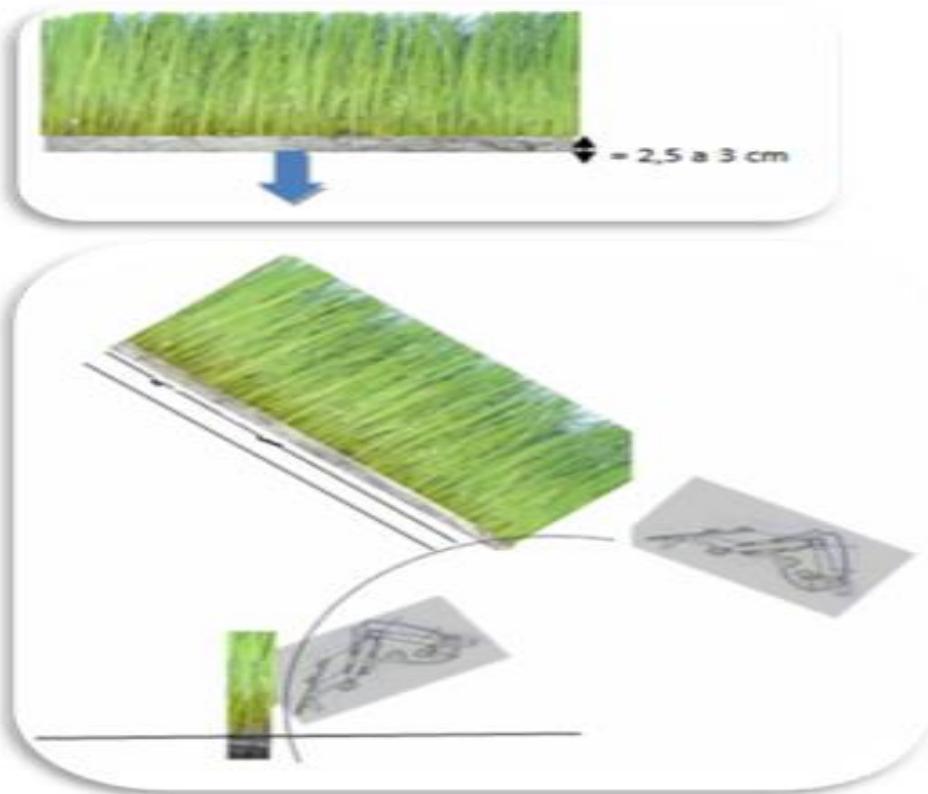


**Figura 9.** Efecto de la profundidad del sustrato del semillero menor a la óptima. Elaboración propia. 2011.

El dispositivo de la máquina trasplantadora que realiza la siembra (aguja), causa daño a la porción de plántulas y además ocasiona fallos en golpes de siembra. Originando la necesidad de una resiembra manual y todo esto podría afectar de manera negativa el rendimiento del cultivo.

***Profundidad del sustrato óptima ocasiona las siguientes ventajas:***

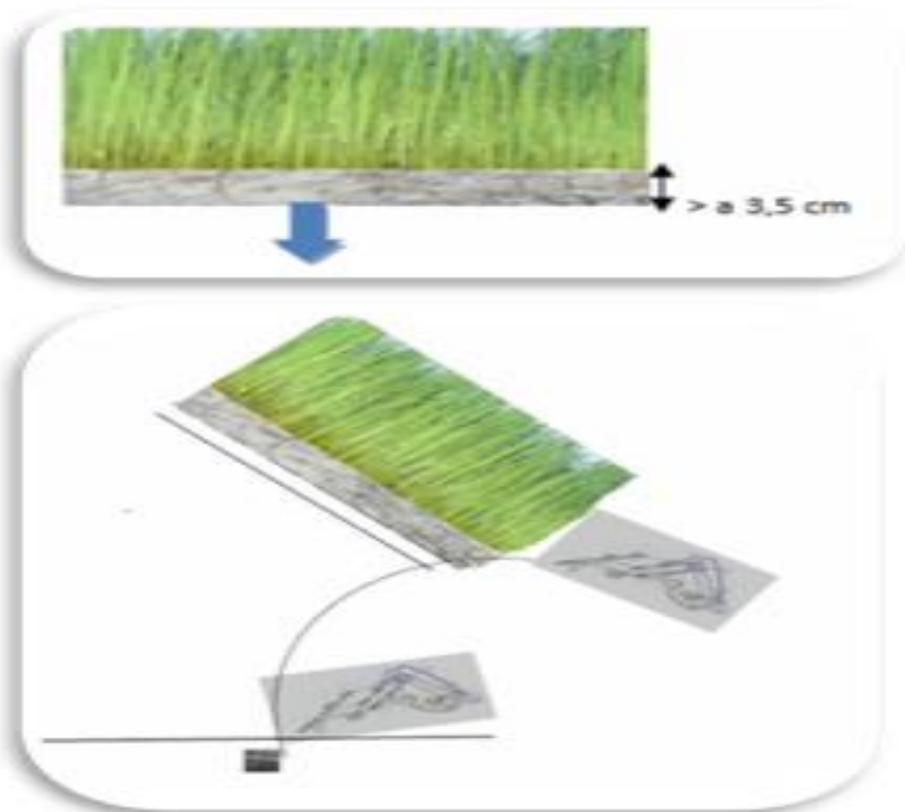
La Figura 10 representa el grosor óptimo del sustrato, entre 2,5 a 3 cm de profundidad; lo que permite tener una mayor eficiencia en el trabajo de la máquina trasplantadora al reducir el tiempo muerto de la misma, disminuyendo las áreas de resiembra manual y un establecimiento uniforme del cultivo.



**Figura 10.** Efecto de la profundidad del sustrato del semillero óptima. Elaboración propia, 2011.

***Profundidad del sustrato mayor a la óptima ocasiona las siguientes desventajas:***

Cuando el grosor del sustrato es superior al recomendado (> a 3,5 cm), el implemento del sistema de siembra de la máquina trasplantadora (aguja), removerá porciones de la alfombra del semillero que son solamente sustrato, sin la presencia de plántulas, como se muestra en la Figura 11; ocasionando fallos en golpes de siembra, que se deben completar mediante una resiembra manual y todo esto podría disminuir el rendimiento del cultivo.



**Figura 11.** Efecto de la profundidad del sustrato del semillero mayor a la óptima. Elaboración propia, 2011.

### 3.3.2.3 Desarrollo radicular del semillero

El crecimiento radicular es necesario para el desarrollo de plántulas sanas de arroz, lo cual se traduce en un excelente establecimiento del cultivo trasplantado. El desarrollo radicular del semillero permite un correcto amarre de la alfombra, con lo cual se mejora la eficiencia de trabajo, aumentando el rendimiento de la máquina trasplantadora, porque es necesario que el ayudante del operador este alimentando el apero con el semillero. El semillero debe salir de la bandeja como una alfombra totalmente integra, que permita una fácil y rápida manipulación (Figura 12 a).

Por el contrario, si existe un desarrollo radicular pobre (Figura 12 b), ocurre una menor eficiencia de trabajo de la máquina trasplantadora, además de fallos en los golpes de siembra, requiriendo una mayor resiembra manual complementaria.



**Figura 12.** a). Óptimo desarrollo radicular que permite el amarre de la alfombra b) Pobre desarrollo radicular, que dificulta la obtención de una alfombra de semillero integra. Conarroz, 2011.

### 3.3.2.4 Altura de las plántulas

La altura óptima requerida del semillero es alrededor de 15 cm, dependiendo de la variedad. Se debe considerar trasplantar una plántula sana con

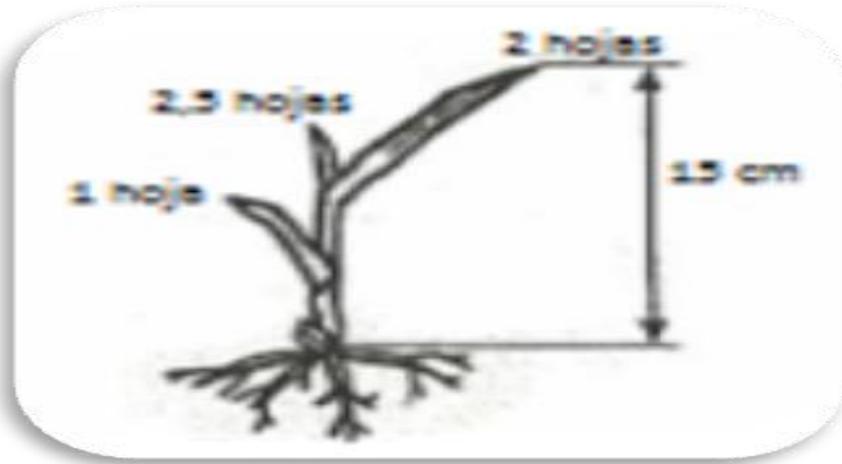
tallos y hojas gruesas, ya que de lo contrario plántulas altas pueden tener las hojas dobladas ocasionando una mala postura durante el trasplante. Por otro lado si las plántulas son de menor tamaño al óptimo podrían quedar sumergidas siendo necesario reforzar la resiembra manual complementaria.

### **3.3.3 Variedad para el trasplante mecanizado de arroz y momento óptimo del trasplante**

En el DRAT se ha observado buena repuesta en tres variedades comerciales para ser utilizadas por el sistema de siembra de trasplante mecanizado como lo son Palmar 18, CR 5272, y Fedearroz 50. Asimismo la variedad CR 4477, debe descartarse de ser utilizada mediante dicho sistema de siembra, ya que se dificulta la producción de un semillero de condiciones óptimas porque presenta un pobre desarrollo radicular y una mayor susceptibilidad a enfermedades, ocasionando que en el momento del trasplante existan muchos fallos en los golpes de siembra, asimismo dicha variedad presenta un mayor estrés en el momento del trasplante, afectando el establecimiento del cultivo.

Existe un momento óptimo para la realización del trasplante, el cual depende del crecimiento del semillero, este es alrededor de los 15 días, sin embargo se debe considerar que esto depende de varios factores como lo es la duración del ciclo de la variedad con la que se esté trabajando, condiciones climatológicas y nutrición del cultivo, principalmente.

Sin embargo el criterio que define en mayor proporción el momento óptimo de trasplante es el número de hojas, siendo el indicado entre 2,5 y tres hojas como se representa en la Figura 13. Por consiguiente un semillero con cuatro hojas pierde potencial de rendimiento; aunque esté presente una altura y edad óptima para el trasplante.



**Figura 13.** Semillero listo para ser trasplantado. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

En variedades de ciclo intermedio el trasplante se debe realizar a los 15 dds (Palmar 18, CR 5272), y en variedades de ciclo largo se puede realizar a los 17 dds (Fedearroz 50).

## 4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS SEMILLEROS DE ARROZ

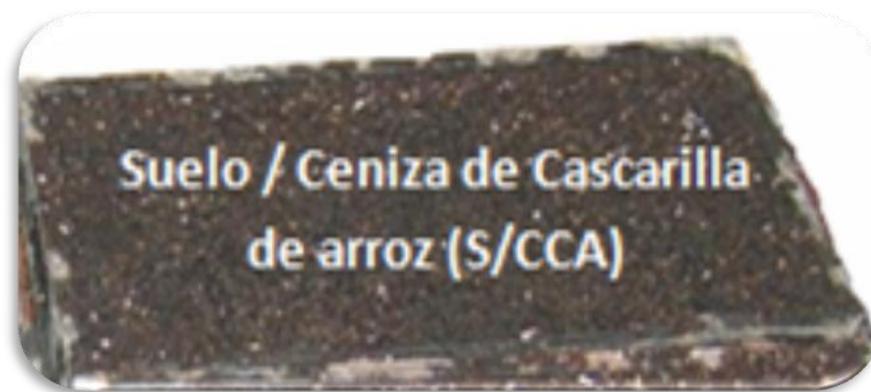
### 4.1 Preparación del sustrato

#### 4.1.1 Selección

Un sustrato es el medio donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo. Dentro de sus funciones básicas está proveer agua y nutrimentos, permitir el intercambio gaseoso desde y hacia la raíz y brindar soporte a la planta (Alarcón, 2004). Además debe ser un sustrato liviano para mejorar la eficiencia del operador al cargar el semillero en el apero de la máquina trasplantadora, permitiendo un mayor rendimiento (hectáreas sembradas/día).

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

Según investigaciones realizadas en conjunto con la Dirección de Investigación y Transferencia de Tecnología (DITT) de Conarroz, se recomienda la utilización de una mezcla de ceniza de cascarilla de arroz y suelo, como el sustrato óptimo para el desarrollo del semillero (Figura 14); ya que ambas materias primas se encuentran disponibles en la localidad y tienen un costo accesible al productor (Conarroz, 2011).



**Figura 14.** Mezcla de sustrato óptimo para el desarrollo de semilleros de arroz. Conarroz, 2011.

El suelo a utilizar en la mezcla debe ser franco arenoso, franco, o franco arcilloso, no es conveniente la utilización de arena, ya que presenta una pobre retención de agua y nutrientes, tampoco se debe utilizar el suelo arcilloso, porque se sobresatura, perjudicando el crecimiento de las raíces.

Es conveniente utilizar el método de solarización para el control de plagas y enfermedades que existen en el suelo, el cual consiste en recubrir el suelo con una lámina de plástico transparente por 45 días durante los meses cálidos y soleados, con el fin de que el sustrato exceda al menos los 40 °C.

#### **4.1.2 Secado y almacenamiento**

Reunir el suelo y la ceniza de cascarilla de arroz en cantidades mayores a las que se necesitan; luego extender en un refugio impermeable con buena ventilación, que permita secar ambas materias primas.

#### **4.1.3 Tamizado del sustrato**

Es necesario tamizar el sustrato con el fin de eliminar objetos grandes, como rocas mezcladas con el suelo, o clavos provenientes de las calderas de las industrias que queman la cascarilla de arroz, ya que estos objetos pueden afectar el óptimo funcionamiento de la máquina trasplantadora. También una adecuada estructura del sustrato colabora en la obtención de una germinación uniforme y el desarrollo de raíces fuertes. Se recomienda utilizar una pantalla de tamizado de 6 mm de mallas cuadradas (Figura 15).



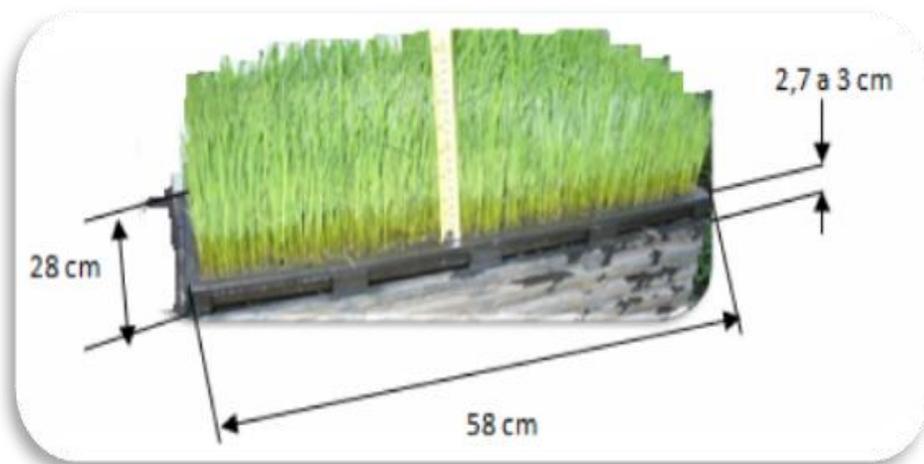
**Figura 15.** a), b). Tamizado del sustrato a utilizar en la elaboración de los semilleros. Conarroz, 2011.

#### **4.1.4 Cantidad y mezcla de sustrato por bandeja**

Por bandeja de semillero (58 x 28 x 3 cm) se requiere de 3 a 4 litros de sustrato. Utilizando en la capa inferior o cama una mezcla de relación volumen de 66 % de ceniza de cascarilla de arroz y 34 % de suelo, para la adición de 2 a 2,5 litros de sustrato. En la capa superior que tapa la semilla se utiliza una mezcla de relación volumen de 75 % de ceniza de cascarilla de arroz y 25 % de suelo, con la adición de 1 a 1,5 litros de sustrato.

#### **4.2 Preparación de las bandejas**

Se utilizan bandejas con las siguientes dimensiones interiores: 58 cm de largo, 28 cm de ancho, y 3 cm de profundidad (Figura 16). Son de peso ligero, y se pueden apilar cuando no estén en uso, ahorrando así espacio de almacenamiento. La parte inferior de la bandeja presenta una cantidad adecuada de agujeros, con el fin de asegurar la retención y drenaje adecuado del agua. Las bandejas se deben desinfectar antes de cada siembra, y se deben esterilizar cuando se haya producido una enfermedad durante el desarrollo del semillero.



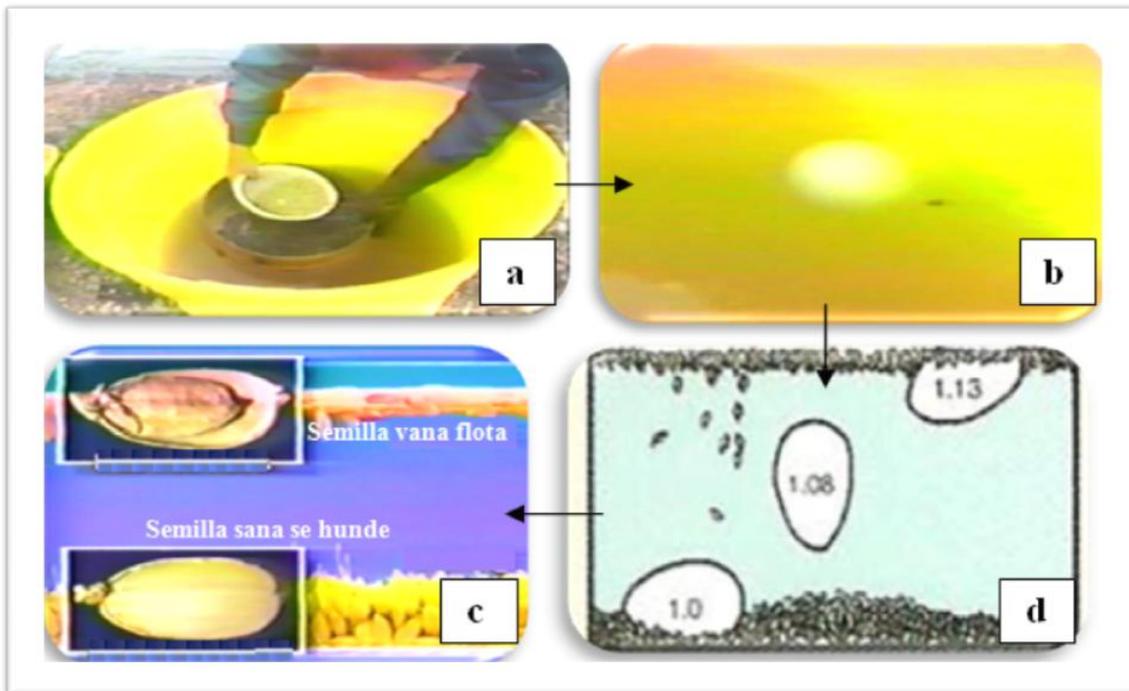
**Figura 16.** Dimensiones de la bandeja de semillero. Elaboración propia, 2011.

### **4.3 Preparación de la semilla**

#### **4.3.1 Selección de la semilla con agua salada (gravedad específica)**

Se debe preseleccionar la semilla que cumpla a cabalidad con todos los requisitos, como lo es el trabajar con al menos semilla certificada (etiqueta azul), si el trasplante es con fines de comercialización de arroz granza. Por lo contrario de tener interés en producir semilla es necesario trabajar con al menos semilla registrada (etiqueta morada).

La semilla se sumerge en una solución de agua salada, con el fin de escoger las semillas llenas y pesadas que se hunden hasta el fondo, eliminando las semillas mal formadas y vanas que flotan. La solución se realiza mediante la adición de sal de mesa o sulfato de amonio en el agua; la cantidad de sal a utilizar dependerá de la densidad del agua, por lo cual una recomendación es sumergir un huevo fresco de gallina en el agua y adicionar sal hasta que el mismo flote, para garantizar la salinidad suficiente del agua como se representa en la Figura 17.



**Figura 17.** a) Selección de semillas en la solución salina. b) Huevo fresco de gallina flotando. c) Semilla vana flota y semilla sana se hunde. d) Densidad del agua. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

La semilla se debe colocar dentro de la solución salina por cinco minutos en agitación, y una vez seleccionada, se enjuaga con agua para eliminar el contenido de sal. Siempre es indispensable realizar una prueba de germinación de la semilla antes de realizar la siembra, ya que se debe utilizar semilla sana y con un porcentaje de germinación mayor del 85 % (Wann y Román, 2006).

#### 4.3.2 Desinfección de la semilla

Es importante realizar la desinfección de 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 pre germinación (Figura 18). En ambos casos se debe adicionar productos comerciales como: Vitavax 40 WP a 0,5 g/kg de semilla o Cobrethane 69 WP a 2,5 g/kg de semilla.



**Figura 18.** Tratamiento de la semilla. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

#### 4.3.3 Pregerminación de la semilla

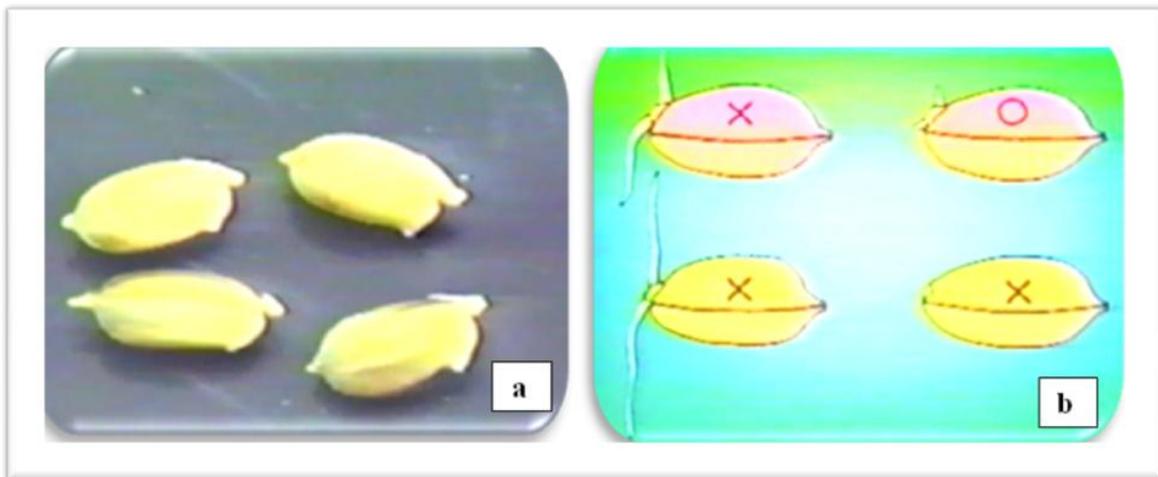
Este proceso se realiza con el fin de favorecer la germinación de las semillas, y garantizar la uniformidad de emergencia después de la siembra. Como se representa en la Figura 19, se debe sumergir las semillas durante 16 horas en inmersión, en un volumen de agua, de relación 1: 2 (1 kg de semilla/2 litros de agua).



**Figura 19.** a), b). Pregerminación de la semilla. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

Luego la semilla se debe extender y secar a la sombra por un periodo similar, alrededor de 16 horas. Dicha deshidratación o secado de la semilla se monitorea tomando semilla con la mano y 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 acumule en los equipos de siembra, impidiendo la siembra exacta y uniforme del semillero; por el contrario si las semillas se encuentran muy secas se podría afectar negativamente el crecimiento de las plántulas.

La semilla cumple con la condición de siembra, cuando la punta de la semilla se transforma e inflama, e indica que está al borde de la germinación y salida del brote. No es recomendable realizar la siembra de manera tardía, debido a que el brote y la raíz podrían haber crecido demasiado, y durante la siembra se romperán y afectara la uniformidad del semillero (Figura 20).



**Figura 20.** a), b).Condición óptima de germinación de la semilla, momento ideal para la siembra. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

#### 4.4 Siembra

Se puede realizar de forma manual o mecánica por medio de una máquina llenadora de bandejas (Figura 21).



**Figura 21.** a) Siembra manual. b) Siembra mecanizada del semillero o almácigo de arroz. Conarroz, 2011.

Ambos métodos funcionan, sin embargo la siembra mecánica tiene un mayor rendimiento, ya que esta puede realizar alrededor de 600 bandejas/hora; por el contrario una persona podría realizar cerca de 10 bandejas/hora. Por lo cual, realizar los semilleros de arroz de manera manual tiene un alto costo en la mano de obra a contratar para cada periodo de siembra, por consiguiente, es conveniente utilizar una máquina de siembra automatizada.

Pasos a seguir en la siembra del semillero:

1. Colocar y humedecer una hoja de periódico sobre la base de la bandeja, con el fin de evitar que las raíces se fijen a la bandeja, y causar heridas cuando se vaya a realizar el trasplante (Figura 22).



**Figura 22.** a), b). Colocación del periódico sobre la bandeja. Conarroz, 2011.

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 y compacta levemente (Figura 23).

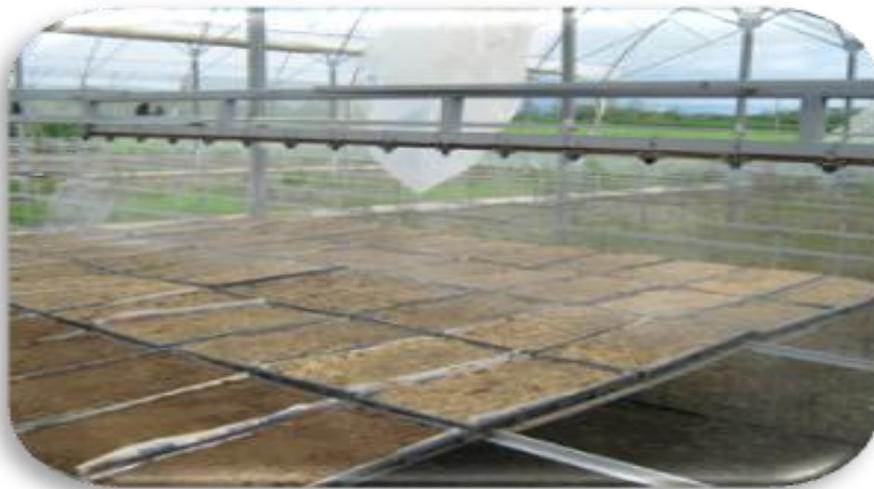


**Figura 23.** Bandeja con mezcla de sustrato homogéneo. Conarroz, 2011.

2. 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 a la variedad a sembrar, basándose en las diferencias de tamaño del grano. Variedades de grano pequeño como CR 5272, se recomienda sembrarlas a 180 gramos/bandeja y variedades de grano grande como el Palmar 18 se recomienda sembrarlas a 200 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 alrededor de un 80 % del peso de las semillas ya listas para la siembra. Así la cantidad es de 144 g/bandeja (grano pequeño) y 160 g/bandeja (grano grande).

3. Aplicar el sustrato de cobertura de la semilla, la cantidad a adicionar es poca, solamente con el fin de tapar la semilla 1 cm de altura, equivalente a 1 o 1,5 litros de sustrato.
4. Finalmente aplicar un riego por aspersion de gota fina de poca presión como se muestra en la Figura 24, con alrededor de 1 a 1,5 litros de agua /bandeja, esto dependerá de la humedad del sustrato utilizado. Se debe garantizar un correcto mojado de la bandeja, sin la creación de huecos o hundimientos por excesos de presión o adición de agua. Importante tener en cuenta que la humedad excesiva puede causar dificultades en la germinación.



**Figura 24.** Riego por aspersion del semillero o almácigo de arroz. Conarroz, 2011.

5. Después de que el agua del riego haya filtrado, se deben esquivar en grupos de 20 bandejas, dependiendo de la necesidad del espacio que ocupen dichas bandejas.

#### 4.5 Período de incubación

Consiste en acomodar las bandejas en columnas de 20, y tapar la última con el fin de evitar daños por agentes externos. El semillero se mantiene de esta forma durante 72 horas, sin adicionar riego y tapado, evitando la entrada de luz, como se muestra en la Figura 25.



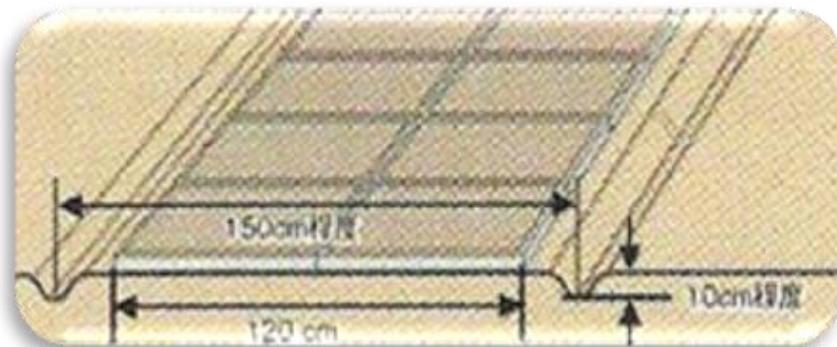
**Figura 25.** Bandejas ordenadas en columnas, durante el periodo de incubación. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

#### 4.6 Preparación de la cama para la colocación de las bandejas

Se deben realizar unas camas, con el fin de colocar las bandejas del semillero luego del periodo de incubación, para permitir el desarrollo óptimo del semillero. Es necesario contar con un terreno que se encuentre nivelado. Existe la opción de realizar las camas con suelo del mismo terreno, sin embargo existen suelos de una estructura complicada para la manipulación y creación de las camas, por lo cual se puede adicionar suelo para realizar la confección de las camas. Se puede colocar un plástico sobre la cama con el fin de facilitar la introducción y drenaje de las aguas, y el manejo en general del semillero.

La superficie de la cama debe ser uniforme y plana con las siguientes dimensiones (Figura 26): altura de 10 cm y un ancho de 1,6 metros, con el fin de permitir la colocación de dos bandejas. Entre cada cama debe existir una distancia

de 40 cm, previendo una zona amplia para caminar y realizar las labores de manejo del semillero.



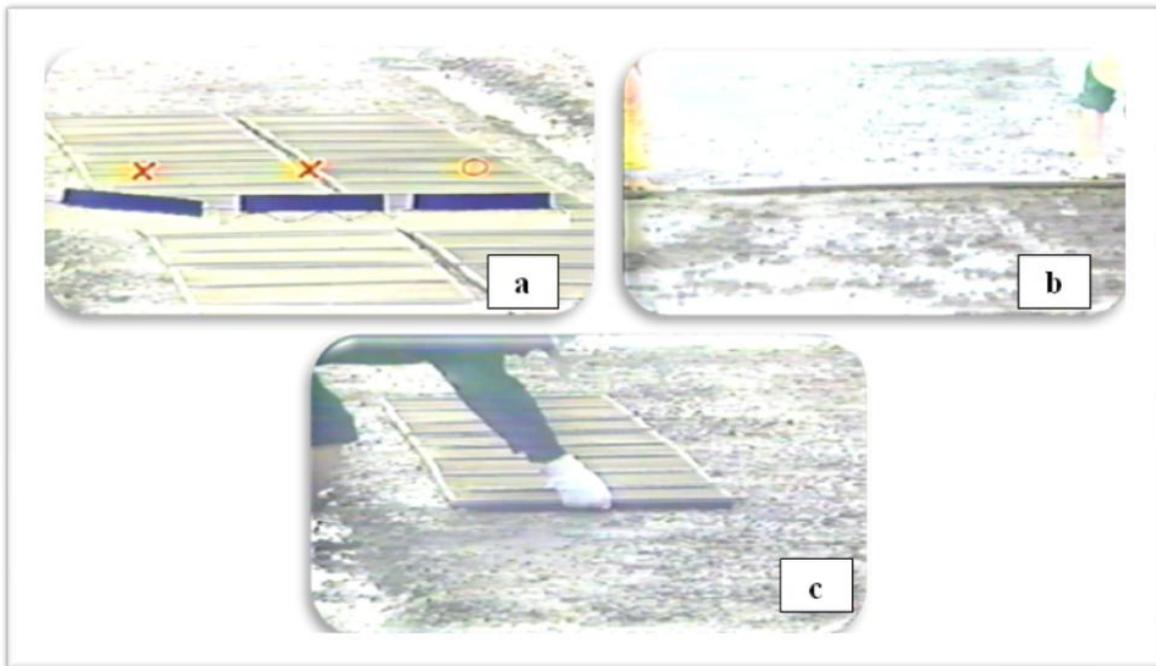
**Figura 26.** Dimensiones para la elaboración de las camas del semillero. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

Se debe de resaltar que es necesario una óptima nivelación de la cama, con el fin de evitar acumulaciones de agua en algún sector de la bandeja, ya que distorsiona la homogeneidad de la germinación y desarrollo del semillero. Este comentario se ejemplifica en la Figura 27.



**Figura 27.** a), b). Mala homogeneidad de los semilleros debido a fallos en la nivelación de las camas. Conarroz, 2011.

Para garantizar la nivelación de la cama se recomienda pasar un codal, sobre la misma tal como se representa en la Figura 28.



**Figura 28.** a) Preparación de la cama para una correcta nivelación. b) Pase de codal para nivelar. c) Colocación de las bandejas en las camas de vivero. Fuente: Invernizzi, Casulani, Rossetti, s.f. Material audiovisual.

#### **4.7 Aclimatación (traslado del semillero a las camas de vivero)**

Luego del periodo de incubación, cuando la plántula tiene 1 cm de altura, se colocan al aire libre, protegiéndolas del sol y lluvia principalmente. Este cambio de ubicación se recomienda realizarlo antes de las 10 a.m. o después de las 3 p.m., preferiblemente en la tarde cuando la luz de sol es débil y se evita exponer el brote a la luz del sol fuerte del medio día (Wann y Román, 2006).

En este periodo de transición es preferible colocar un sarán para la protección contra la lluvia y mantener las bandejas en una zona sombreada durante los siguientes tres días.

Por diferentes factores no todas las bandejas presentan una uniformidad en la emergencia. El principal factor es el manejo de la humedad de la bandeja (exceso de agua principalmente). En el área de vivero se manejarán las bandejas

con riegos superficiales, inundando las camas donde se colocan las bandejas permitiéndole al semillero absorber la humedad por capilaridad.

Este punto es clave para el aprovechamiento al máximo de 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 representa en la Figura 29.



**Figura 29.** Emergencia óptima y uniforme de las plántulas del semillero de arroz. Conarroz, 2011.

Por lo contrario si aún existen secciones de la bandeja sin emerger (Figura 30) se recomienda mantenerlas en el área de incubación, hasta lograr una mayor homogeneidad. Permitiendo darle un manejo del riego exclusivo, evitando los excesos de humedad, que si ocasionaría el manejo del área de vivero.



**Figura 30.** Mala uniformidad de emergencia de las plántulas del semillero de arroz. Conarroz, 2011.

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

Otra labor indispensable de esta fase de transición que colabora con el éxito del desarrollo del semillero es la aplicación de un riego por aspersion de gota fina y con poca presión; con el fin de contrarrestar el levantamiento de la cobertura del sustrato como se muestra en la Figura 31 (capa que tapa la semilla). Con la aplicación de agua, suavemente, se logra empujar la parte superior del sustrato hacia abajo, ya que el sustrato complica la emergencia y además ocasiona clorosis de las plántulas.



**Figura 31.** Sustrato que tapa la semilla y dificulta la emergencia de las plántulas. Conarroz, 2011.

## **4.8 Manejo del semillero en las camas de vivero**

### **4.8.1 Manejo del riego**

En el día de traslado de las bandejas al área del vivero se realizará la aplicación del riego, el cual se efectuará en una o dos ocasiones diarias durante los primeros cinco días (8 dds), dependiendo de las condiciones del clima. Se debe tener cuidado de no ocasionar excesos de humedad durante los primeros cinco días (8 dds); en este período se debe proteger el almácigo de las lluvia, ya que esta puede lavar el sustrato y podrir la semilla. En el día ocho se debe drenar

el agua para secar un poco, con el fin de estimular el crecimiento de raíces, seguidamente en el día nueve se puede inundar el semillero hasta el día catorce. El semillero debe tener uno o dos días sin agua, para facilitar el transporte y rendimiento de la máquina durante el trasplante.

Es necesario comprender que la gestión del agua debe ajustarse en función de la condición de las raíces de las plántulas; si el enraizamiento es pobre se debe mantener una condición un poco seca y si el enraizamiento es bueno se debe suministrar agua con el fin de ajustar la altura de las plántulas.

#### **4.8.2 Nutrición**

A los cuatro días después de siembra (dds) aplicar 30 g/m lineal de la cama, con abono de siembra (9-23-30) o similar, en el momento del traslado de las bandejas a las camas de vivero.

Nuevamente a los nueve dds aplicar DAP o similar a una dosis de 10g/m lineal, con urea azufrada a una dosis similar. Finalmente se considerará la aplicación de urea a los doce dds, si la condición del cultivo lo requiere. En invierno si existe la incidencia de lluvias se debe tener precaución con la aplicación de abono nitrogenado, ya que podría no ser necesario y por el contrario ocasionar el desarrollo de semilleros con tallos débiles y alongados.

#### **4.8.3 Combate de plagas**

Durante los primeros siete días en el área de vivero se debe tener cuidado por el daño con aves (10 dds). Además se podrán realizar aplicaciones de insecticidas o fungicidas sistémicos en caso de presencia de enfermedades; sin embargo se debe tener mucho cuidado con la dosis y equipo de aplicación, ya que la aspersion debe ser por medio de una gota muy fina, por ende es recomendable aplicar con la boquilla o cañón hacia arriba, permitiendo que la aplicación caiga suavemente en forma de roció. Se pueden aplicar plaguicidas y foliares nutricionales a los trece dds de manera preventiva, antes de ser trasplantado en el campo.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRASPLANTE, TIPOS, PARTES Y OPERACIÓN BÁSICA DE LA MÁQUINA TRASPLANTADORA DE ARROZ

### 5.1 Tipos de trasplantadoras de arroz

Una trasplantadora de arroz es una máquina que tiene un sistema automatizado de siembra, que necesita de la alimentación de plántulas cultivadas en bandejas; dicha siembra de plántulas es realizada en el campo a una profundidad y distancia uniforme.

#### 5.1.1 Trasplantadora de arroz de operación manual

El operador camina atrás de la máquina trasplantadora y del trasplante de arroz, controlando la siembra de plántulas realizada adelante (Figura 32).

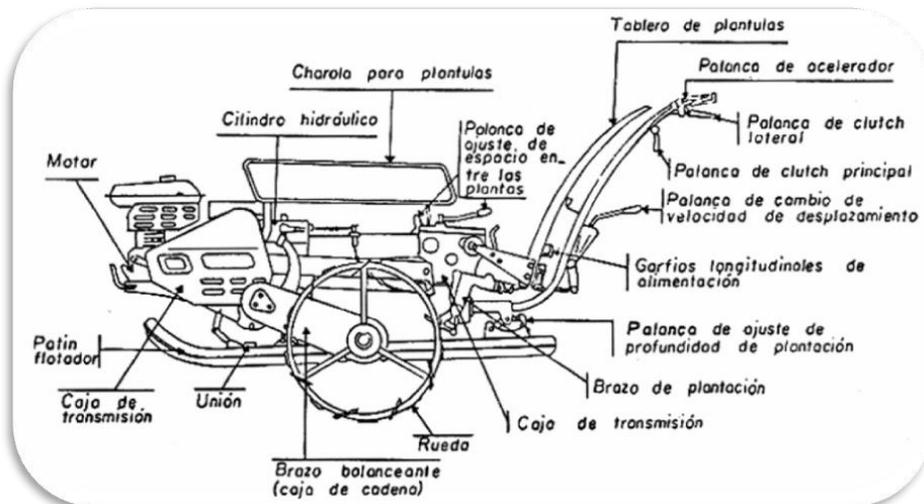
La máquina es pequeña, ligera y fácil de operar, es manejada con las manos.



**Figura 32.** a), b). Trasplantadora de arroz de operación manual, propiedad del INTA de Costa Rica. Conarroz, 2011.

Existen máquinas de diferentes cantidades de filas o surcos de siembra, hay de cuatro y seis surcos, puede tener un rendimiento de siembra entre 1 a 2 ha de siembra/día. El tanque tiene una capacidad para cuatro litros de gasolina, y

aproximadamente es necesario el suministro de combustible dos veces/día. La máquina tiene 4,5 caballos de potencia.



**Figura 33.** Partes de una trasplantadora de arroz de operación manual. Fuente: INIFAP y JICA, 1993.

### 5.1.2 Trasplantadora de arroz autopropulsada

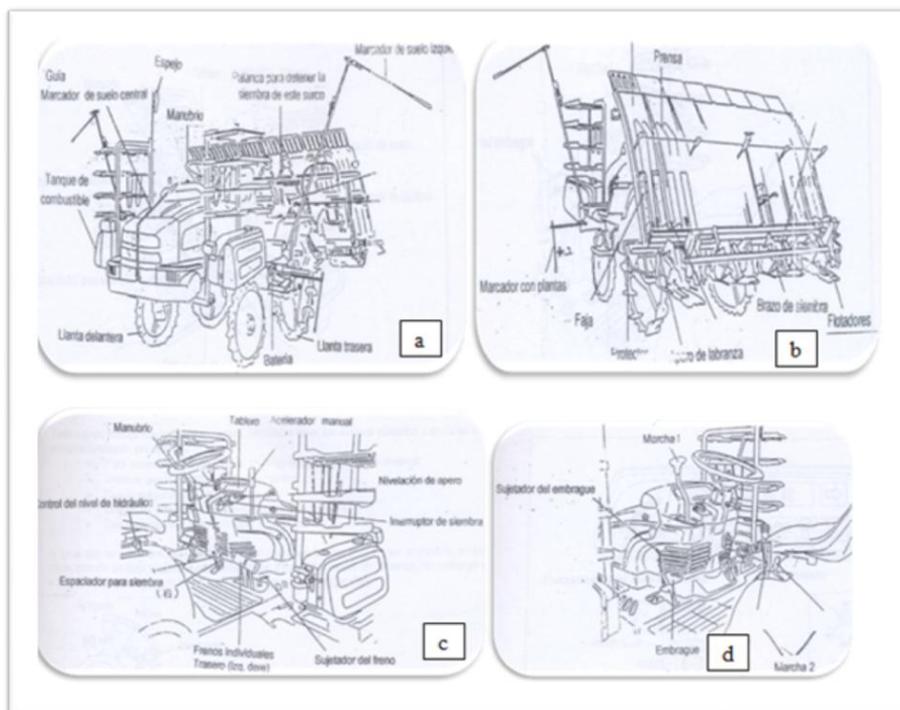
El operador va montado sobre la máquina como se observa en la Figura 34, maniobrando la siembra de plántulas. A medida que la máquina camina, la siembra se va realizando atrás.

Se recomienda que además del operador exista un ayudante que va realizando la carga del apero con el semillero, e informa por cualquier fallo que ocurra en la siembra. En caso de no contar con esta ayuda el operador debe estar atento, ya que además de manejar la máquina, debe supervisar la siembra que se va realizando atrás.



**Figura 34.** Trasplantadora de arroz autopropulsada. Conarroz, 2011.

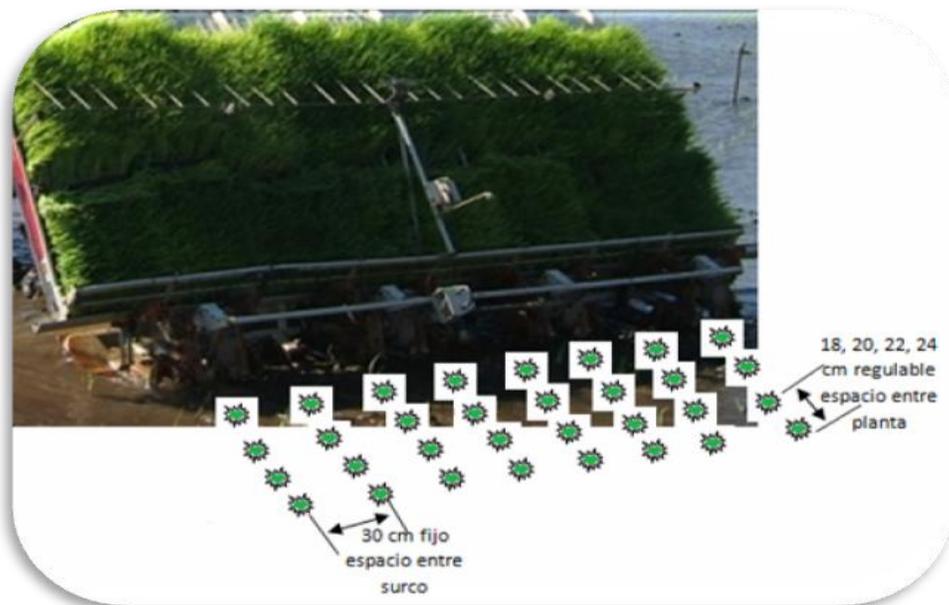
Dicha máquina tiene un sistema de siembra de seis u ocho surcos de siembra, que permite un mayor rendimiento y eficiencia de trabajo, permitiendo la siembra de tres a cuatro hectáreas/día. Tiene un motor de 15 caballos de potencia.



**Figura 35.** a), b), c), d). Partes de la máquina trasplantadora autopropulsada de arroz. Conarroz, 2006.

## 5.2 Proceso de siembra y manejo de poblaciones del trasplante mecanizado de arroz

En el sistema de siembra de trasplante mecanizado el semillero de plántulas de arroz se suministra a la plataforma del apero de la máquina trasplantadora. Las agujas del sistema de siembra de la máquina trasplantadora toman porciones de la alfombra de plántulas de manera consecutiva, comenzando desde el borde inferior de la alfombra y trasplantándolas al terreno lodoso; según el distanciamiento seleccionado, el cual es ajustable (de 18 a 24 cm entre golpe de siembra) y la distancia entre surco, la cual es fija de 30 cm (Figura 36).



**Figura 36.** Distancias de siembra de trasplante mecanizado. Elaboración propia, 2011.

Cuando las agujas del sistema de siembra se alimentan de una porción de plántulas de la alfombra del semillero, la faja del apero automáticamente se mueve hacia abajo con el fin de que las agujas de siembra puedan tomar nuevamente la porción de plántulas del borde inferior de las bandejas, para continuar en orden con el trasplante de plántulas.

Con respecto al manejo de poblaciones se ha evidenciado en investigaciones realizadas en conjunto con la DITT de Conarroz, que el número de plantas por sitio de siembra no tiene influencia significativa sobre el rendimiento de arroz en granza y que las distancias de siembra de 18 o 24 cm entre planta son las tienen una mayor respuesta positiva sobre el rendimiento.

En el momento de realizar el trasplante es importante la presencia de una pequeña lámina de agua, alrededor de 2 cm (Figura 37), con el fin de que el barro no se adhiera al equipo de trasplante. Sin embargo también se debe considerar que un exceso de agua (pozas), ocasiona que las plantas no sean correctamente sembradas y queden flotando.



**Figura 37.** a), b). Manejo del agua al momento del trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.

Es importante mencionar que las plántulas que no se han fijado, pueden ser arrancadas por efecto del oleaje ocasionado por la lámina de agua y el fuerte viento, acumulándose en los bordes de la melga tal como se observa en la Figura 38.



**Figura 38.** a), b). Plántulas flotando por problema de oleaje en la lámina de agua. Conarroz, 2011.

### 5.3 Ajustes para la calibración de densidad de siembra

La máquina de mayor eficiencia o rendimiento de siembra es la máquina autopropulsada, siendo el equipo de mayor viabilidad para utilizar en el país. Por lo cual a continuación se describen detalles sobre los ajustes de calibración de densidad de siembra. Se debe aclarar que para la confección de este apartado se basó en el modelo Mitsubishi MPR8D, ya que es la única máquina autopropulsada que existe en el país (Figura 39).



**Figura 39.** Máquina trasplantadora autopropulsada MPR8D, propiedad de Conarroz. Fuente: Conarroz, 2011.

Las máquinas de trasplante mecanizado tienen varias regulaciones, las cuales se pueden ajustar dependiendo de la variedad que se pretende sembrar. Dichas regulaciones lo que modifican es el tamaño de la porción de la alfombra del semillero a colocar en el golpe de siembra, según se indica en la Figura 40. Esta regulación se calibra al movilizar la palanca de ajuste del tiempo de alimentación del apero y la palanca de ajuste de cantidad de plántulas/golpe de siembra.



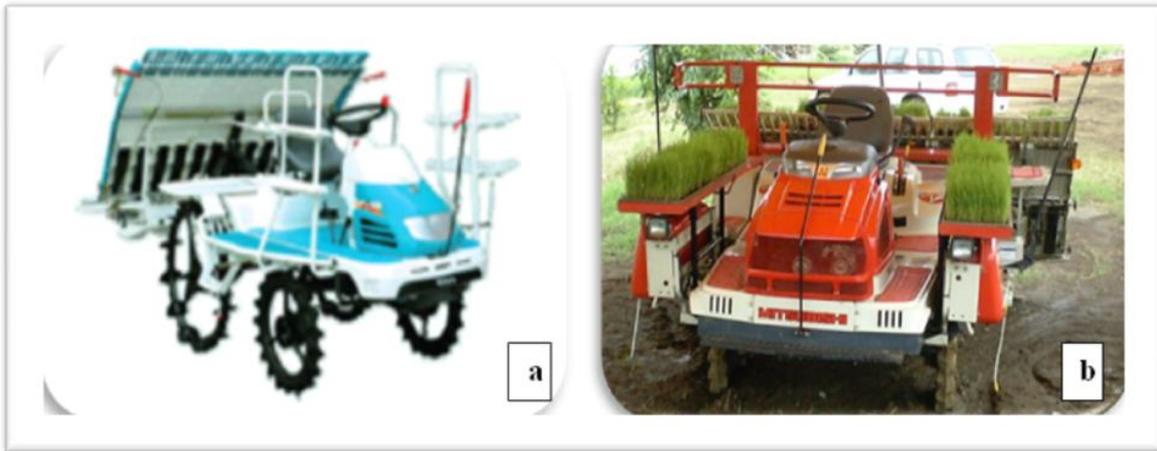
**Figura 40.** Porción de la alfombra o número de plantas/golpe de siembra. Elaboración, 2011.

Según la calibración de la máquina esta podría consumir entre 109 bandejas/ha hasta 276 bandejas/ha. Por lo tanto si se utilizan 160 gramos/bandeja de semilla, se podría estimar que el gasto de semilla/ha puede ser desde 18 kg hasta 45 kg. Sin embargo con una calibración promedio comúnmente utilizada se establece un consumo de 200 bandejas/ha, para una siembra de 32 kg/ha.

La máquina presenta cuatro diferentes regulaciones, que mediante sus combinaciones, interactúan en la regulación de la densidad de siembra del cultivo de arroz, las cuales son:

### 5.3.1 Distancia de siembra entre plántulas

Existen diferentes marcas de máquinas como se observa en la Figura 41, y con ello diferentes ajustes de distancia de siembra entre plántulas, por ejemplo el modelo Kubota SPU-68C presenta seis ajustes los cuales son a. 12, 14, 16, 18, 21 y 24 cm entre plántulas. Por el contrario el modelo Mitsubishi MPR8D, presenta cuatro niveles, los cuales son 18, 20, 22, 24 cm entre plántulas. Es importante mencionar que la distancia entre surcos es fija y estándar en todas las máquinas, independiente de la empresa que las fabrique, donde cada hilera es separada por 30 cm.



**Figura 41.** Algunos ejemplos de modelos de máquinas trasplantadoras a) Kubota SPU-68C. b) Mitsubishi MPR8D. Conarroz, 2011.

Este ajuste de distancia entre plantas funciona como se representa en el Cuadro 1, donde la combinación de dos palancas (Figura 42), brindan el ajuste según lo requiera el operador.



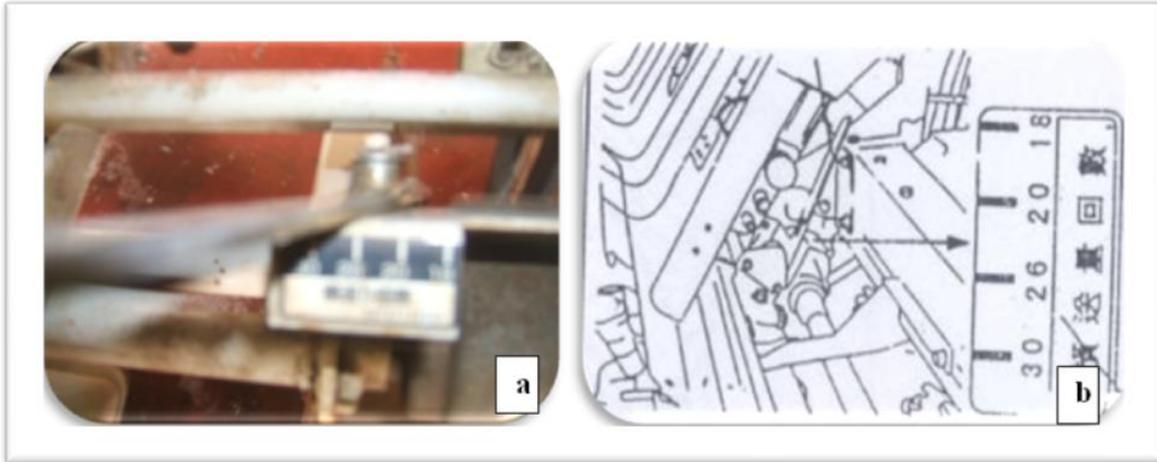
**Figura 42.** a), b). Palancas que fijan la distancia de siembra entre plantas. Conarroz, 2006.

**Cuadro 1.** Combinación de posición de palancas para determinar la distancia de la siembra entre plantas.

Distancia (cm)	Palanca izquierda	Palanca derecha
24	Palanca arriba	Palanca arriba
22	Palanca abajo	Palanca abajo
20	Palanca abajo	Palanca arriba
18	Palanca abajo	Palanca medio

### 5.3.2 Caja de cambios de la velocidad de la faja del apero

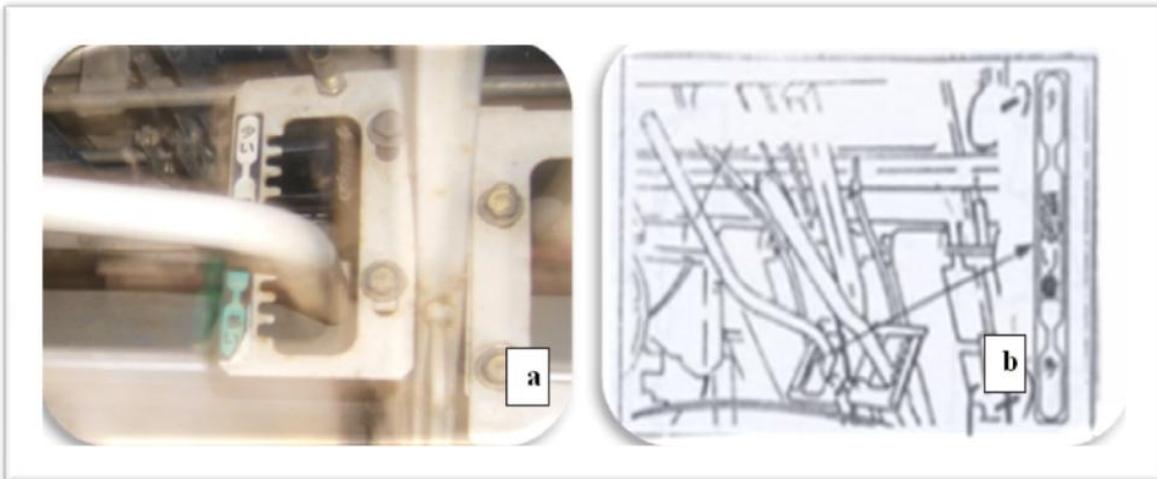
Dicha palanca interviene en el número de plantas/golpe de siembra, con cuatro diferentes posiciones (18, 20, 26 y 30), según se observa en la Figura 43. Esta palanca relaciona el número de plantas que saca con la velocidad de movilidad de las fajas transportadoras de la planta; a mayor número de plantas mayor debe ser el suministro de almácigo en las fajas. En la posición de la palanca en 18 se logra obtener un mayor número de plantas/golpe con respecto a la posición de la misma en 30.



**Figura 43.** a), b). Palanca que relaciona el número de plantas con la velocidad de movilidad de las fajas. Conarroz, 2006.

### 5.3.3 Palanca de control de cantidad de plantas/golpe de siembra

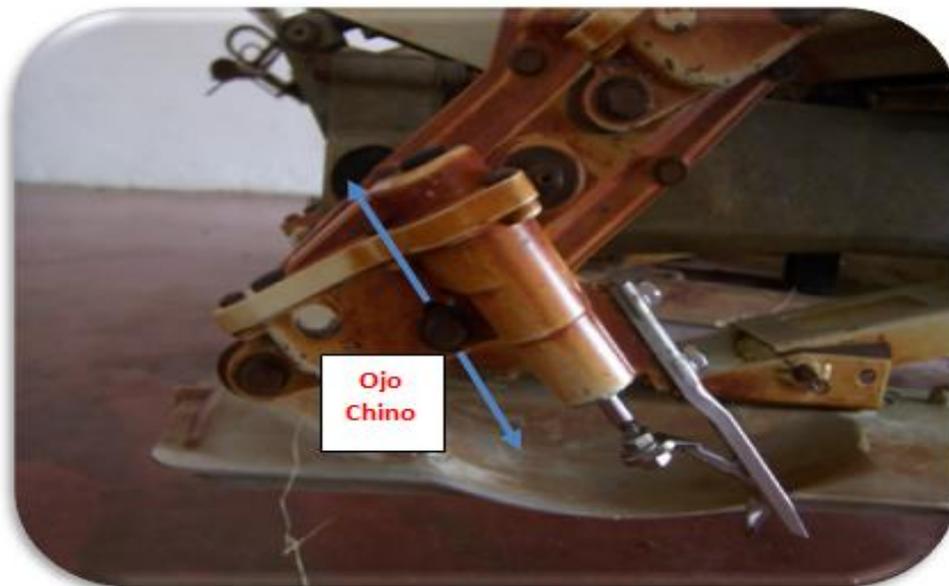
La palanca para el control de la cantidad de plantas/ golpe de siembra, cuenta con diez posiciones, tal como se observa en la Figura 44.



**Figura 44.** a), b). Palanca con posiciones para el control de la cantidad de plantas por punto de siembra. Conarroz, 2006.

### 5.3.4 Angulo de la aguja

Como se representa en la Figura 45, el sistema de siembra presenta un tornillo que enrosca en un ojo chino, que permite ajustar el ángulo de comida de la aguja, por ende si este se mueve hacia arriba la aguja sembrará mayor cantidad de plantas/golpe, y por el contrario si la aguja se ajusta en dirección hacia abajo se reducirá el número de plantas/golpe que siembra. Conocer este ajuste es importante principalmente para verificar la homogeneidad en la siembra y lograr la misma cantidad de plantas/golpe, ya que esta podría variar en los diferentes surcos.



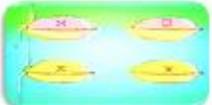
**Figura 45.** Brazo de siembra donde se ajusta el ángulo de la aguja. Conarroz, 2011.

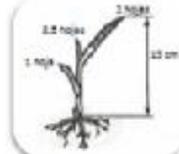
#### **5.4 Procedimientos a recordar en la operación de la máquina trasplantadora**

- Hacer la inspección previa del terreno de trabajo, con el fin de verificar la óptima preparación del terreno y así iniciar la jornada sin inconvenientes.
- Cuando se va a transportar el equipo, se debe introducir en reversa, con el fin de evitar que se vuelque por el peso del apero de labranza.
- Tener cuidado que las guías y la sembradora en sí, esté debidamente asegurada durante su transporte.
- Verificar que el apero de labranza se encuentra “arriba” y debidamente asegurado cuando el equipo solamente se transporta de un lugar a otro.
- Cuando se está trabajando en la siembra se deben trabajar los frenos de forma independiente, pero cuando se está trasladando el equipo de deben trabajar en forma simultánea.
- Si va a limpiar o revisar el apero de labranza, se debe asegurar con su respectivo seguro, para así evitar accidentes y quitar el hidráulico cuando se realizan estas maniobras.
- El 4 x4 solo se debe usar en terreno blando, no se debe usar el 4 x 4 en piso firme ni en marchas altas.
- Si se está trabajando en la siembra y se acciona la reversa, esta automáticamente levanta el apero de labranza.
- Existen palancas de bloqueo de los surcos de siembra, cada palanca bloquea dos surcos, esta acción es de gran utilidad para el cierre de cabeceras del lote de siembra.
- Cuando se termina de trabajar y se desea guardar la máquina trasplantadora el apero de labranza debe dejarse abajo.

## 6 CRONOGRAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO DE ARROZ, POR MEDIO DEL SISTEMA DE SIEMBRA DE TRASPLANTE MECANIZADO

**Cuadro 2.** Cronograma para la siembra de arroz por medio del sistema de trasplante mecanizado.

*dds	Procedimiento			
-45	Gestión o manejo del sustrato: 1) Seleccionar, 2) recolectar, 3) Solarización 4) secar, 5) tamizar 6) mezclar según la proporción.			
-5	Desinfectar las bandejas antes de cada periodo de siembra			
-4	1) Nivelar el terreno. 2) Preparación del terreno para obtener consistencia lodosa (rotocultivador o fangueo). En el campo a trasplantar.			
-2 a 0	1) Selección. 2) Desinfección 3) Pregerminación y secado de la semilla			
0	Aplicar el herbicida Oxyfluorfen a una dosis de 2 litros/ha, mediante la utilización de una bomba de espalda sin boquilla, dispersando un chorro, sobre el banal con lámina de agua. En el campo a trasplantar			
0 a 3	1) Operación de siembra. 2) Período de incubación: apilar y cubrir las bandejas con plástico (3 días).			
4	1) Aplicar abono de siembra (9-23-30) a una dosis de 30 g/m lineal. 2) Colocar las bandejas una por una en la zona de aclimatación (vivero), antes de las 10 a.m o después de las 3 p.m 3) Aplicar un riego por aspersión de gota fina y con poca presión.			
4 a 6	1) Colocar un sarán para la protección contra la lluvia y sol fuerte (zona sombreada durante los siguientes 2-3 días).			

4 a 8	1) Manejo del riego: se efectuará en una o dos ocasiones diarias, dependiendo de las condiciones del clima. Se debe tener cuidado de no ocasionar excesos de humedad durante los primeros 8 dds. 2) Colocar malla antipájaros.	
8-9	1) Drenar el agua para secar un poco, con el fin de estimular el crecimiento de raíces. 2) A los 9 dds aplicar abono granular a una dosis de 20g/m lineal (10 g DAP + 10 g urea azufrada).	
12-13	Aplicar 10 g de urea azufrada/m lineal según las condiciones de color del semillero. 2) Aplicar fitosanitarios sistémicos preventivos y foliar nutricional.	
14	Drenar y proteger el semillero de la lluvia, ya que el semillero debe tener uno o dos días sin agua, para facilitar el transporte y rendimiento de la máquina durante el trasplante.	
15	El criterio que indica el momento óptimo para el trasplante, es de 2,5 hojas en la plántula. Realizar el trasplante antes que la plántula alcance la edad mayor a 3 hojas.	 
15	Trasplante mecanizado (es tablecimiento del cultivo de arroz). En el campo a trasplantar.	

\*dds = Días después de siembra con respecto al momento de realización de la bandeja o siembra del semillero.

## 7 GLOSARIO

**Anoxia:** Es la falta de oxígeno en el suelo, por ende se da una interrupción de la respiración.

**Arroces contaminantes:** son malezas del género *Oryza*, conocidas principalmente como arroz rojo o arroz pato, dichas malezas son resistentes a herbicidas selectivos del arroz y por ende muy difíciles de controlar, lo cual limita la producción.

**Esterilizar:** Es un método de control del crecimiento microbiológico, con el fin de eliminar cualquier forma de vida y evitar la incidencia de enfermedades en el cultivo.

**Espiguilla:** Es el grano de arroz inmaduro que contiene la flor completa, se conectan con la rama y en conjunto forman la panoja.

**Fanguero:** Es una labor agrícola de preparación de terreno que consiste en batir el suelo con un tractor de ruedas de hierro, que permite la incorporación de los rastrojos y la generación de una consistencia lodosa que permite la siembra de arroz.

**Gravedad específica:** Es el cociente de densidad de una sustancia dada a la densidad del agua. El agua salada es más densa y permite a un cuerpo (semilla) flotar más fácilmente.

**Herbicida preemergente:** producto utilizado para matar las semillas de malas hierbas, y así para evitar que emerjan.

**Humedad relativa:** Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Se relaciona con la mayor o menor incidencia de enfermedades.

**Máquina llenadora de bandejas:** Es una máquina que realiza un proceso lineal de siembra de arroz de forma automatizada para la obtención del semillero a utilizar en la tecnología del trasplante mecanizado.

**Plántula:** es la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.

**Porosidad del sustrato:** Son los espacios vacíos que en determinados momentos pueden estar ocupados por gases o líquidos.

**Retención de humedad:** es la capacidad del sustrato de almacenar agua, por consiguiente un sustrato liviano (arena) tiene poca capacidad de retención y un sustrato pesado (arcilla) tiene una alta capacidad de retención de humedad.

**Roto cultivador:** Es una máquina utilizada para la preparación del suelo, con la cual se puede incorporar rastrojos y desterronar hasta lograr un acabado muy fino y además permite la preparación en húmedo.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, A. 2004. Introducción a los cultivos sin suelo. In: Curso de fertirriego: manejo en suelos y sustratos agrícolas. San José, Costa Rica. 23 p.
2. CIAT. Arregocés, O, González J, García E. 1980. Guía de estudio, Siembra de arroz mediante Transplante. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Serie 04SR-01.04.
3. Conarroz 2011. Informe sobre las Investigaciones realizadas por Conarroz, durante el 2010 y lo que en el 2011 está establecido. Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). Dirección de Investigación y Transferencia de Tecnología. San José, Costa Rica.
4. Conarroz. 2006. Procedimiento de Operación normalizado (PON) EQ-2/1 “Inspección, operación, limpieza, mantenimiento y corroboración de la transplantadora de arroz marca Mitsubishi modelo MPR8D”. Corporación Arrocera Nacional (Conarroz). San José, Costa Rica.
5. Corporación Comarca. 2002. Guía técnica sobre el sistema de trasplante manual de arroz. Trasplantando arroz en Usosaldaña.
6. CSISA. 2011. No-till and Unpuddled Mechanical Transplanting of rice. Operational Manual. Cereal Systems Initiative for South Asia (CSISA). New Delhi, India. p-13.
7. FAO. Fischer A. 1999. Global workshop on rice control. Varadero, Cuba. Problems and opportunities for managing red rice in Latin America. Plant Production and Protection Division. Food and Agriculture Organization of the united nations, FAO. pag 80.

8. INIFAP y JICA. 1993. Guía para cultivar arroz por trasplante y cosecha mecanizada. Folleto para productor N°21. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuaria (INIFAP), Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Zacatepec, Morelos, México.
9. 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. Post-producción, Estudios Multivisión. Material Audiovisual.
10. IRRI. 2003. Machine Transplanting. International of Rice Research Institute (IRRI). Rice fact sheets. September 10, 2003.
11. OET. 2006. Resultados del Proyecto demostrativo: “Sistema de Trasplante Mecanizado de Arroz Bajo Riego” desarrollado en dos parcelas demostrativas en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque.
12. OET. 2005. El manejo del riego en el cultivo de arroz. Organización para Estudios Tropicales (OET). Consultado el 20 diciembre del 2010. Disponible en línea en: [http://www.conarroz.com/pdf/manejo\\_riego\\_arroz.pdf](http://www.conarroz.com/pdf/manejo_riego_arroz.pdf)
13. Ortiz A, López L, Lizaso J. 2000. Comparación de algunos componentes del rendimiento, latencia de las semillas y dimensiones de los granos entre poblaciones de arroz rojo y variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 26:39-51. 2000. Consultado el 06 de junio del 2011. Disponible en línea en: [http://revistaagronomiacv.org.ve/revista/articulos/2000\\_26\\_1\\_4.pdf](http://revistaagronomiacv.org.ve/revista/articulos/2000_26_1_4.pdf)
14. Ortiz A. 2006. Malezas en arroz. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Consultado el 20 julio del 2011. Disponible en línea en: <http://www.sovecom.org.ve/malezas%20en%20arroz.pdf>

15. Rosales E, Esqueda V. s.f. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México.
16. Sin autor. 2007. Japan and South Korea rice production mechanization development and the status quo. Consultado el 02 de noviembre del 2010. Disponible en línea en: <http://www.wlshougeji.com/d268711556.htm>
17. Wann J, Román R. 2006. Semillero para arroz anegado, mediante trasplante mecánico. Misión Técnica de Taiwán. Instituto de Desarrollo Agrario. San José, Costa Rica.

## 4.2 Transferencia de información al sector arrocero nacional

Se realizaron jornadas de trabajo, charlas y capacitaciones, con el fin de favorecer el desarrollo de la tecnología del trasplante mecanizado en Costa Rica. Donde se comunicó a los participantes (productores, estudiantes, técnicos y profesionales), la información recopilada en el manual, y la importancia de comprender que el trasplante mecanizado de arroz, debe de efectuarse de manera integral, para garantizar éxito en el rendimiento del cultivo.

**Cuadro 2.** Capacitaciones o extensión realizada al sector arrocero, sobre el sistema de siembra de trasplante mecanizado de arroz.

Actividad	Objetivo	Fecha	Participantes
Capacitación sobre el Uso, Operación y Mantenimiento de máquinas trasplantadoras de arroz.	Capacitar al personal de Conarroz de la Regional Chorotega sobre el Uso, Operación y Mantenimiento de máquinas trasplantadoras de arroz.	14/15-02-11	4



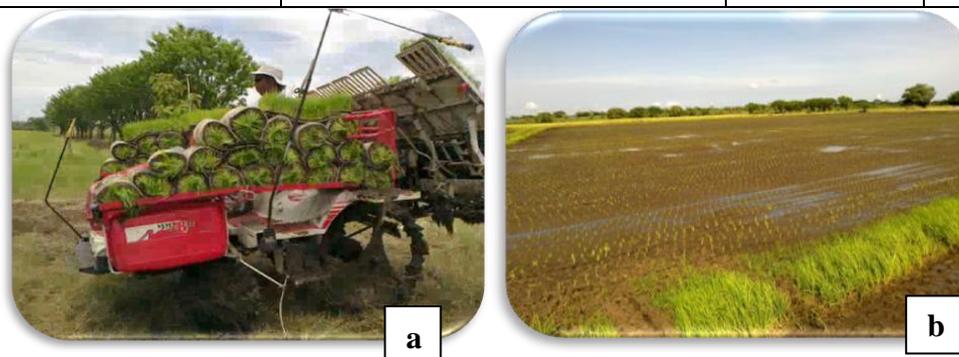
**Figura 2.** a), b), c). Capacitación sobre el uso, operación y mantenimiento de las máquinas trasplantadoras de arroz. Conarroz, 2011.

<p>Jornada de trabajo</p> <p>“Sistema de validación del sistema de trasplante mecanizado de arroz”</p> <p>Asentamiento la Soga. Parcela # 32. Productor José Araya Ugalde.</p>	<p>Demostrar las ventajas del sistema productivo de arroz por medio de trasplante mecanizado. Enfocado principalmente al control de arroces contaminantes.</p>	<p>23-03-11</p>	<p>44</p>
--	--	-----------------	-----------



**Figura 3.** a), b), c). Jornada de trabajo. Demostración en cultivo de arroz comercial sobre las ventajas del sistema de producción de arroz mediante la tecnología de trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.

<p>Servicio de siembra de trasplante mecanizado de arroz en Finca Elvia.</p>	<p>Capacitar sobre el proceso de realización y manejo del semillero para trasplante mecanizado de arroz</p> <p>Establecer cinco ha de arroz mediante el sistema de trasplante mecanizado</p>	<p>Mayo y junio-2011.</p> <p>26/27-07-11</p>	<p>5</p>
--	--	--	----------



**Figura 4.** a), b). Establecimiento de cinco hectáreas de arroz mediante el sistema de siembra trasplante mecanizado. Conarroz, 2011.

Charla sobre el sistema de siembra de trasplante mecanizado de arroz	Informar a estudiantes de Ingeniería en Agronomía del curso de Granos Básicos del Tecnológico de Costa Rica. Sobre el sistema de siembra de Trasplante mecanizado del cultivo de arroz	22-10-11	17
--	--	----------	----



**Figura 5.** a), b). Charla a estudiantes de Ingeniería en Agronomía del curso de Granos básicos del Tecnológico de Costa Rica. Sobre el sistema de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz.

## **5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- Es conveniente comprender que el trasplante mecanizado de arroz, debe de efectuarse de manera integral, utilizando un enfoque de “sistema”, donde el conjunto de procesos interactúen con un objetivo común.
- El sistema de siembra de trasplante mecanizado es estándar, por ende el proceso de elaboración de semillero funciona igual para cualquier tipo o marca de máquina trasplantadora de arroz.

### **5.2 Recomendaciones**

- Buscar alguna alternativa de comunicación para lograr la publicación del presente manual y permitir la extensión de la información a interesados del sector arrocero nacional.
- Realizar cursos o talleres con las personas interesadas del sector arrocero, ya que mucho del conocimiento es necesario desarrollarlo de manera práctica, con el fin de que el participante pueda vivir la experiencia y llevar un registro en la memoria de lo que ocurre en el proceso, que se encuentra sistematizado en el presente manual.
- Para el desarrollo de la tecnología es necesario la adquisición de equipo; ya que actualmente en Costa Rica solamente existen dos máquinas de trasplante mecanizado que se encuentran en instituciones públicas (INTA y CONARROZ), enfocadas principalmente a la investigación. Además no existen máquinas llenadoras de bandejas; necesaria para realizar los semilleros de manera automatizada.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, A. 2004. Introducción a los cultivos sin suelo. In: Curso de fertiriego: manejo en suelos y sustratos agrícolas. San José, Costa Rica. 23 p.
2. Balasubramanian V. s.f. Rice Nursery and Early Crop Management. International of Rice Research Institute (IRRI).
3. Cardoza I, González E. 2004. Evaluación y Prueba avanzada de rendimiento de catorce líneas promisorias y dos variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego en el Valle de Sebaco, Matagalpa, primera 2003. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Consultado el 06 de junio del 2011. Disponible en línea en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30c268.pdf>
4. CIAT. Arregocés, O, González J, García E. 1980. Guía de estudio, Siembra de arroz mediante Transplante. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Serie 04SR-01.04.
5. Conarroz 2011. Informe sobre las Investigaciones realizadas por Conarroz, durante el 2010 y lo que en el 2011 está establecido. Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). Dirección de Investigación y Transferencia de Tecnología. San José, Costa Rica.
6. Conarroz. 2011. Informe estadístico periodo 2009/2010. Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). Unidad Inteligencia de mercados. San José, Costa Rica.
7. Conarroz. 2006. Procedimiento de Operación normalizado (PON) EQ-2/1 “Inspección, operación, limpieza, mantenimiento y corroboración de la transplantadora de arroz marca Mitsubishi modelo MPR8D”. Corporación Arrocera Nacional (Conarroz). San José, Costa Rica.

8. Corporación Comarca. 2002. Guía técnica sobre el sistema de trasplante manual de arroz. Trasplantando arroz en Usosaldaña.
9. CSISA. 2011. No-till and Unpuddled Mechanical Transplanting of rice. Operational Manual. Cereal Systems Initiative for South Asia (CSISA). New Delhi, India. p-13.
10. FAO. Fischer A. 1999. Global workshop on rice control. Varadero, Cuba. Problems and opportunities for managing red rice in Latin America. Plant Production and Protection Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. pag 80.
11. Fischer A, Ramirez A. 1993. Red rice (*Oryza sativa* L.): Competition studies for management decisions. International Journal of Pest Management. Volume 39, Issue 2. 1993. pages 133-138.
12. INIFAP y JICA. 1993. Guía para cultivar arroz por trasplante y cosecha mecanizada. Folleto para productor N°21. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuaria (INIFAP), Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Zacatepec, Morelos, México.
13. 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. Post-producción, Estudios Multivisión. Material Audiovisual.
14. IRRI. 2003. Machine Transplanting. International of Rice Research Institute (IRRI). Rice fact sheets. September 10, 2003.
15. Lira J, Ruíz E. 2007. Prueba avanzada de rendimiento de nueve líneas y una variedad comercial de arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en San Isidro, Matagalpa, época lluviosa, 2005. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Consultado el 06 de junio del 2011. Disponible en línea en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30l768p.pdf>

- 16.OET. 2006. Resultados del Proyecto demostrativo: “Sistema de Trasplante Mecanizado de Arroz Bajo Riego” desarrollado en dos parcelas demostrativas en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque.
- 17.OET. 2005. El manejo del riego en el cultivo de arroz. Organización para Estudios Tropicales (OET). Consultado el 20 diciembre del 2010. Disponible en línea en: [http://www.conarroz.com/pdf/manejo\\_riego\\_arroz.pdf](http://www.conarroz.com/pdf/manejo_riego_arroz.pdf)
- 18.Ortiz A, López L, Lizaso J. 2000. Comparación de algunos componentes del rendimiento, latencia de las semillas y dimensiones de los granos entre poblaciones de arroz rojo y variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 26:39-51. 2000. Consultado el 06 de junio del 2011. Disponible en línea en: [http://revistaagronomiaucv.org.ve/revista/articulos/2000\\_26\\_1\\_4.pdf](http://revistaagronomiaucv.org.ve/revista/articulos/2000_26_1_4.pdf)
- 19.Ortiz A. 2006. Malezas en arroz. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Consultado el 20 julio del 2011. Disponible en línea en: <http://www.sovecom.org.ve/malezas%20en%20arroz.pdf>
- 20.Ortiz A, López L, Lizaso J. 2000. Comparación de algunos componentes del rendimiento, latencia de las semillas y dimensiones de los granos entre poblaciones de arroz rojo y variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 26:39-51. 2000.
- 21.Quintero E. 2009. Factores Limitantes para el Crecimiento y Productividad del Arroz en Entre Ríos, Argentina. Consultado el 09 de junio del 2011. Disponible en línea en: [http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5680/1/Quintero\\_Cesar.tesis.pdf](http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5680/1/Quintero_Cesar.tesis.pdf)
- 22.Quirós E, Martínez L; IDIAP. 2000. Siembra de arroz por el sistema de Trasplante. Una alternativa de producción para el agricultor de subsistencia. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

23. Rosales E, Esqueda V. s.f. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México.
24. Sin autor. 2007. Japan and South Korea rice production mechanization development and the status quo. Consultado el 02 de noviembre del 2010. Disponible en línea en: <http://www.wlshougeji.com/d268711556.htm>
25. Semillero para arroz anegado, mediante trasplante mecánico. Traducido por Jiang Wann Fuh. Misión Técnica de Taiwán. Rubén Román Zeledón. Instituto de Desarrollo Agrario.