

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**



TRABAJO DE TESIS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE INTENSIFICACIÓN
DE ARROZ (*Oryza sativa* L) EN COMPARACIÓN A DOS
SISTEMAS DE SIEMBRA TRADICIONALES BAJO CONDICIONES
DE RIEGO EN DARÍO, MATAGALPA. POSTRERA 2003**

AUTOR

Br. EDGARD ALBERTO LIRA MORENO

ASESORES

Ing. Agr. MSc. ISABEL CHAVARÍA GAITÁN

Ing. Agr. MSc. ÁLVARO BENAVIDES GONZÁLEZ

**MANAGUA, NICARAGUA
NOVIEMBRE, 2004**

DEDICATORIA

Cuando *Dios* hizo el universo, también surgió la vida y por ello pensó Dios que sin el hombre la creación era incompleta; y bajo su mano hacedora nos guió a los confines del conocimiento, y fue así que los antiguos griegos definieron al hombre como la medida de todas las cosas.

Conducido por esa mano hacedora e iluminado por ese soplo divino, emprendí la tarea investigativa con el afán de elaborar mi Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo Generalista; la cual quiero dedicar con todo mi amor y justeza a mis padres Edgard Alberto Lira Castellón y Esther Moreno Montenegro, y a mis hermanos Nubia Carolina y Rafael Isaac Lira Moreno, quienes sin desfallecer un momento en sus vidas y su templanza me supieron mostrar el camino que habría de conducirme a la meta que hoy estamos alcanzando.

También hago extensiva esta dedicatoria a mis abuelos, tíos y primos que de igual manera han vivido conmigo los momentos felices y difíciles que en este trayecto nos ha tocado compartir.

AGRADECIMIENTO

Si la creación no fue producto del azar esta tesis no será la excepción, por tanto, en ellas confluimos varias voluntades que sumado el esfuerzo de todas ellas, logramos construir un todo, en este contexto quiero agradecer con la sinceridad y la humildad que me ha caracterizado a:

Dr. Gilles Trouche del Centro de Investigación de Agronomía Tropical (CIAT) por haberme facilitado la temática de investigación e información que tuvo una vital trascendencia para el desarrollo de esta investigación, y al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) por haberme facilitado todo lo relacionado con el ensayo.

Al Ing. Francisco Juárez y al Br. Ronald Alarcón funcionarios del INTA, y a mi compañero de clase el Br. Ronald Javier Laguna por contribuir conmigo de manera activa en la toma de datos y en el desarrollo del trabajo agronómico del ensayo realizado.

A los Ing. MSc. Isabel Chavaría Gaitán y Álvaro Benavides Gonzáles por su apoyo incondicional y por ser los responsables de guiar, supervisar y corregir la presente tesis.

Al Ing. Rodolfo Munguía por su ayuda desinteresada y voluntad prestada para el buen desarrollo del mismo.

Al Dr. Oscar Gómez por haberme revisado el texto.

También quiero expresar mi agradecimiento a todo el personal de las bibliotecas CENIDA y HEMEROTECA de la UNA quienes de otra manera contribuyeron decididamente en la conclusión del presente trabajo.

No quiero terminar este agradecimiento sin referirme con todo mi amor a la Lic. Idalia Casco quien contribuyó de múltiples maneras para que yo llegase a terminar mi estudio realizado.

*Un simple copista de la naturaleza no puede jamás
producir nada grande...*

Joshua Reynolds

C O N T E N I D O

| | Página |
|--|---------------|
| ÍNDICE GENERAL | <i>i</i> |
| INDICE DE FIGURAS | <i>iii</i> |
| INDICE DE CUADROS | <i>iv</i> |
| ANEXO DE FIGURA | <i>vi</i> |
| ANEXO DE CUADROS | <i>vii</i> |
| RESUMEN | <i>viii</i> |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS | 3 |
| 2.1. Descripción del lugar | 3 |
| 2.2. Tratamientos evaluados | 5 |
| 2.2.1 Material genético empleado | 5 |
| 2.2.2 Descripción de los sistemas de siembras evaluados | 6 |
| 2.3 Descripción del experimento y tratamientos | 8 |
| 2.4 Descripción del diseño y área experimental | 10 |
| 2.5 Descripción del manejo agronómico del ensayo | 12 |
| 2.5.1 Preparación del suelo | 12 |
| 2.5.2 Siembra | 12 |
| 2.5.3 Control de malezas | 13 |
| 2.5.4 Fertilización | 13 |
| 2.5.5 Control de plagas insectiles | 14 |
| 2.6 Variables evaluadas | 14 |
| 2.6.1 Variables de crecimiento y desarrollo | 15 |
| 2.6.2 Variables de rendimientos | 16 |
| 2.6.3 Evaluación de enfermedades | 18 |
| 2.7 Análisis estadístico | 19 |
| 2.8 Análisis económicos de los tratamientos evaluados | 20 |
| III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| 3.1 Análisis de varianza de los factores estudiados | 22 |
| 3.2 Comparaciones de variables y tratamientos estudiados (Arreglos) | 23 |
| 3.2.1 Variables de crecimiento y desarrollo | 23 |

- 3.2.2** Variables de rendimientos
- 3.2.3** Evaluación de enfermedades
- 3.3** Análisis económico

IV. CONCLUSIONES

V. RECOMENDACIONES

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

| | <i>Página</i> |
|---|----------------------|
| Figura 1. Promedio d temperatura (Temp), precipitación (Pp) y humedad relativa (HR) en la localidad de El Horno, Matagalpa. INETER, 2003 | 3 |
| Figura 2. Comportamiento de vigor (Vg) y acame (Lg) de las dos variedades en los diferentes sistemas de siembra | 25 |
| Figura 3. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con la habilidad de macollamiento | 28 |
| Figura 4. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación a la altura. | 30 |
| Figura 5. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra con el relación al porcentaje de tallos fértiles por planta | 32 |
| Figura 6. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el número de panícula por planta. | 34 |
| Figura 7. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con la longitud de panícula. | 36 |
| Figura 8. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el porcentaje de fertilidad de espiguillas. | 37 |
| Figura 9. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación al número de granos por panículas. | 39 |
| Figura 10. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el peso de mil granos. | 40 |
| Figura 11. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el rendimiento (kg ha ⁻¹) | 42 |
| Figura 12. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con la incidencia de Pyricularia. | 44 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Propiedades químicas y físicas del suelo de la cooperativa Omar Torrijos, El Horno, Matagalpa | 4 |
| Cuadro 2. Descripción de las variedades | 5 |
| Cuadro 3. Variedades y densidades de siembra utilizada en el Sistema Intensificación de arroz (SRI). | 9 |
| Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo. | 10 |
| Cuadro 5. Dimensiones del área experimental | 11 |
| Cuadro 6. Calificación de los estados fenológicos de la planta de arroz | 15 |
| Cuadro 7. Escala para la variable de vigor | 15 |
| Cuadro 8. Escala utilizada para la variable de acame | 16 |
| Cuadro 9. Escala de Pyricularia en la hoja | 18 |
| Cuadro 10. Escala de añublo de la vaina | 19 |
| Cuadro 11. Comportamiento de la significancia estadística ($Pr > F$) del ANDEVA realizado a las variables para los diferentes factores de estudio. | 22 |
| Cuadro 12. Comparación de los valores medios para la variable habilidad de macollamiento. | 28 |
| Cuadro 13. Valores medios de los diferentes lotes, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable altura de planta. | 30 |
| Cuadro 14. Valores medios de los diferentes sistemas, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Fertilidad de tallos | 31 |
| Cuadro 15. Valores medios de los diferentes sistemas, y significancia estadística ($Pr > F$) en la Numero de paniculas por plantas | 33 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Cuadro 16. | Valores medios de los diferentes lotes, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Longitud de panícula. | 35 |
| Cuadro 17. | Valores medios de los diferentes sistemas, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Número de granos por panícula | 38 |
| Cuadro 18. | Valores medios de los diferentes lotes, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Rendimiento kg/ha | 41 |
| Cuadro 19. | Análisis de los sistemas estudiados (Sin incluir costo de bandejas) | 46 |
| Cuadro 20. | Análisis de presupuesto para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra (Sin incluir costo de bandejas) | 46 |
| Cuadro 21. | Análisis de los sistemas estudiados (Incluyendo costo de bandejas) | 47 |
| Cuadro 22. | Análisis de presupuesto para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra (Incluyendo costo de bandejas) | 47 |

ANEXO DE FIGURA

Página

- Figura 1a.** Esquema del experimento y tratamientos evaluados en la Comunidad El Horno, Dario (Matagalpa). 54

ANEXO DE CUADROS

Página

- | | | |
|-------------------|---|----|
| Cuadro 1a. | Costos variables para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra. (Sin incluir costo de bandejas) | 55 |
| Cuadro 2a. | Costos variables para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra. (Incluyendo costo de bandejas) | 55 |

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en la cooperativa Omar Torrijos ubicada en la comunidad El Horno, municipio de Ciudad Darío (Matagalpa) situado a 12° 54' latitud Norte, 86° 14' longitud Oeste y 465 msnm. Con el objetivo de contribuir a mejorar la producción de semilla de arroz en el país, se evaluó el sistema de intensificación de arroz (SRI) con dos modalidades de siembra (0.25 x 0.25 m y 0.50 x 0.50 m), en comparación con el sistema de transplante convencional usado por el INTA (0.25 x 0.25 m) y el sistema de siembra al voleo (129 kg de semilla ha⁻¹) bajo riego. El ensayo se estableció en agosto del año 2003. Se utilizaron las variedades mejoradas INTA-Malacatoya e INTA-Dorado. El diseño estuvo conformado por las variedades en parcelas pequeñas y los cuatros sistemas de siembra y manejo comparados en parcelas grandes las cuales representaban una variante al Diseño de Parcelas Divididas, con cuatro repeticiones propuesto por Cockran y Cox. A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias usando la mínima significancia estadística (LSD) al 5%. Se realizó un análisis económico para los diferentes sistemas. Los resultados del estudio determinaron que las variedades estudiadas tuvieron mejor comportamiento en el SRI con respecto a las variables de desarrollo y crecimiento, así como en la mayoría de las variables de rendimientos excepto en la fertilidad de panícula, peso de 1000 granos y en el rendimiento en grano. Los más altos valores de rendimientos se obtuvieron en el SRI con distancia de siembra de 0.25 x 0.25 m y en el TRA con 5,152 y 5,143 kg ha⁻¹, respectivamente. Las variedades evaluadas presentaron mejor resistencia a *Pyricularia* (*Pyricularia oryzae*) en los sistemas de siembra por transplante (SRI y TRA). Los resultados del análisis económico mostraron que la mejor relación beneficio costo se obtuvo en el sistema TRA, el cual se utilizó herbicidas para el control de malezas.

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una gramínea monoica y anual, de crecimiento rápido y con gran capacidad reproductiva, adaptada a diversas condiciones. Además de ser un cultivo que se desarrolla en forma óptima bajo terrenos inundados, está entre los cuatro cereales más cultivados en el mundo, y desde el punto de vista de la producción, ocupa el segundo lugar en importancia después del trigo (Somarriba, 1998).

De este cultivo se alimenta cerca de tres mil millones de personas, actualmente se cultiva en 113 países; además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo a una gran parte de la población rural del mundo (Infoagro, 2002).

El arroz se cultiva por diferentes métodos, que varía desde secano ya sea mecanizado o manual, hasta la inundación constante en el cual se utiliza en ocasiones la preparación bajo agua o fanguero. La producción de arroz de secano está en manos de pequeños productores, mientras que el arroz de riego es cultivado por los grandes productores, esto se debe al monto de inversión (MAG-FOR, 1998).

En Nicaragua la producción de arroz de secano se concentra en el Valle de Jalapa; Malacatoya, Chontales, Boaco y de riego en el Valle de Sébaco; sin embargo, a pesar de contar con áreas y condiciones edafoclimáticas aptas para el mismo, el país aún depende en gran medida de las importaciones para el abastecimiento del consumo interno y mantener el balance alimentario de arroz de la población (MAG-FOR, 1998).

Chamorro (2001), indica que en Nicaragua se consumen 4.8 millones de quintales de arroz oro, y se importan 1.8 millones de quintales para satisfacer la demanda.

Durante el ciclo agrícola 2002–2003 el área de siembra del cultivo del arroz fue aproximadamente de 90455.40 hectáreas para una producción total de 202987.40 toneladas, con un rendimiento promedio de 2.2 ton ha⁻¹(MAG FOR, 2003).

Los factores que afectan la producción de arroz de inundación son del orden agronómico. Górriz (1995), plantea que la problemática que enfrenta la producción arrocería en Nicaragua se debe a la mala preparación del suelo, uso excesivo de agua, fertilización inadecuada, deterioro genético, falta de pureza física, deficiente control de malezas, secuencia inadecuada de las actividades de producción y voleo disperejo de la semilla.

El cultivo del arroz bajo riego en Nicaragua se siembra en surco y al voleo, siendo este último el más generalizado, el cual puede ser manual, con máquinas voleadoras y por avión, y en menor grado la técnica de siembra por transplante; este último sistema es usado únicamente por mejoradores e instituciones encargados en la obtención de semilla de calidad. Las investigaciones realizadas sobre otro tipo de siembra son desconocidas en el país, por esto el presente trabajo se propuso los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Contribuir al incremento de la productividad de semilla de arroz mediante la evaluación de un nuevo sistema de siembra y manejo (SRI) sobre las variedades INTA-Dorado e INTA-Malacatoya, en Darío, Matagalpa.

Objetivos específicos

- ◆ Evaluar las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento en los diferentes sistemas de siembra y variedades estudiadas.
- ◆ Evaluar la relación beneficio-costos para cada sistema.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del lugar

El experimento se estableció el 20 de agosto del 2003 en La Cooperativa Omar Torrijos ubicada en la comunidad El Horno, municipio de Ciudad Darío (Matagalpa) a 5 km al este del empalme Las Tunas. Se ubica entre los 12° 54' latitud Norte, y 86° 14' longitud Oeste y a 465 msnm. La zona se caracteriza por tener suelos fértiles, con topografía plana, mecanizables y aptos para el cultivo del arroz. Se presentan dos estaciones durante todo el año, verano con más de 6 meses de duración, mientras que el invierno es muy irregular, las precipitaciones oscilan entre los 730 a 850 mm anuales y la temperatura entre los 19 a 34 °C. En el cuadro 1 se presentan algunas características químicas y físicas del suelo en la que se estableció el experimento.

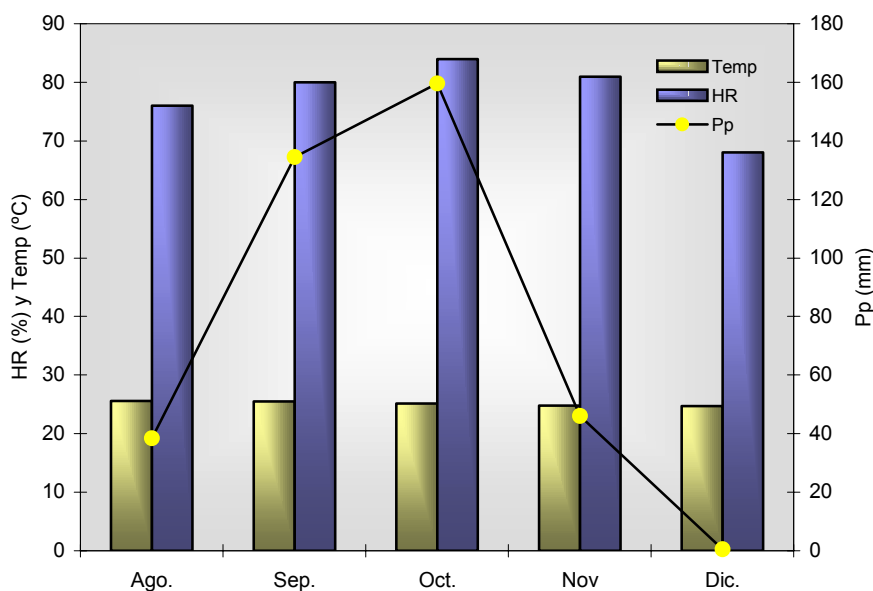


Figura 1 Promedio de temperatura (Temp), precipitación (Pp) y humedad relativa (HR) en la localidad de El Horno, Matagalpa. INETER, 2004

Cuadro 1. Propiedades químicas y físicas del suelo de la cooperativa Omar Torrijos, El Horno, Matagalpa.

| Análisis | | U/M | Resultados |
|------------------|-------|-------------|-------------------|
| PH | | - | 8.0 |
| Materia orgánica | (M.O) | % | 3.20 |
| Nitrógeno | (N) | % | 0.16 |
| Fósforo | (P) | ppm | 4.20 |
| Potasio | (K) | Meq / 100 g | 0.4 |
| Calcio | (Ca) | Meq / 100 g | 26.6 |
| Magnesio | (Mg) | Meq / 100 g | 16.6 |
| Hierro | (Fe) | ppm | 31.0 |
| Cobre | (Cu) | ppm | 11.0 |
| Zinc | (Zn) | ppm | 2.0 |
| Manganeso | (Mn) | ppm | 144.0 |
| Sodio | (Na) | Meq / 100 g | 2.2 |
| Azufre | (S) | ppm | 21.2 |
| Ca + Mg / K | | - | 108.00 |
| Ca / Mg | | - | 1.60 |
| Ca / K | | - | 66.50 |
| Mg / K | | - | 41.50 |

Fuente: Laboratorio Químico S, A (León, 2002)

2.2 Tratamientos evaluados

Los tratamientos estuvieron conformados por dos variedades de arroz (Cuadro 2) y tres sistemas de siembra.

2.2.1 Material genético empleado

En el presente trabajo se evaluaron las variedades mejoradas de arroz: INTA-Dorado, la cual se deriva de la cruce simple CTL17711938 e IR-21015-7-2-3-3-1. INTA-Malacatoya se originó de la línea genética CT-8553-6-8-MI-MC. Ambas variedades provienen del Centro Internacional de Agronomía Tropical (CIAT).

Cuadro 2. Descripción de las variedades

| Características | INTA- Dorada | INTA-Malacatoya |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| Vigor inicial | Bueno | Muy bueno |
| Días a floración | 80 – 90 | 75-85 |
| Altura de planta (cm) | 92 | 90 |

| | | | |
|---|--|---|---|
| Excursión de panícula (cm) | 5-7 (buena) | Moderada | |
| Densidad de panícula | Intermedia | | * |
| □ongitud. De la panícula (cm) | 23.6 | 24 | |
| Capacidad. De macollamiento | Buena | | * |
| Reacción al acame | Moderadamente resistente | Moderadamente resistente | |
| Reacción a Piricularia | Resistente | Tolerante | |
| Peso de 1,000 granos (g) | 24.2 | 28 | |
| Longitud de grano (mm) | 8.5 | | * |
| Fertilidad de panícula (%) | 85 | | * |
| Peso de panícula (g) | 2.5 | | * |
| Número. grano por panícula | 135 | 140 | |
| Días a cosecha | 120 – 125 | 105-110 | |
| Potencial genético (qq kg ⁻¹) | 199 riego, 157 secano | 166 ha ⁻¹ | |
| Recomendada | Riego y secano favorecido | Secano y Riego | |
| Regiones recomendadas | Sébaco, Malacatoya, León, Boaco | Sébaco, Malacatoya y Malpaisillo. | |
| Norma de siembra | Al Voleo es de 129-142 kg ha ⁻¹ | Voleo es de 129-142 kg ha ⁻¹ | |

* Información no disponible.

Fuente. Gonzáles, (2003).

2.2.2 Descripción de los sistemas de siembra evaluados

Sistema de intensificación de arroz (SRI)

El sistema de intensificación de arroz (SRI) por sus siglas en inglés, fue desarrollado en Madagascar durante los primeros años de la década de 1980 por el padre Henri de Laulanfe, un sacerdote Jesuita que pasó 30 años en ese país trabajando con los campesinos. Este sistema involucra el uso de ciertas prácticas de manejo que en conjunto proporcionan mejores condiciones de crecimiento para la planta de arroz, especialmente en la zona radicular, en comparación con las plantas cultivadas con métodos tradicionales. Este sistema crea condiciones que garantizan un mayor desarrollo del sistema radicular, ahijamiento y la obtención entre 30 a 80 panículas por plantas (Berkelaar, 2001)

Los cinco aspectos o prácticas relacionados con el cultivo de arroz transplantado que el SRI modifica son:

- a) Edad y la forma de transplantar. Las plántulas se transplantan cuando solamente han emergido las primeras dos hojas del retoño o tallo

inicial, usualmente cuando tienen de 8-15 días. Se colocan las plántulas en tierra húmeda casi de forma horizontal, más bien en forma de un “L” y no de una “J”.

- b) Número de plantas por golpe. Se transplantan solas en vez de matas de dos, tres o más. De esta manera, se elimina cualquier competencia para que una sola planta de arroz pueda obtener los nutrientes disponibles en su área.
- c) Densidad de siembra. En vez de plantarse en filas compactas, las plántulas se siembran en un patrón cuadrado con mucho espacio entre ellas en todas las direcciones. Usualmente el distanciamiento es 0.25 x 0.25 m ó 0.50 x 0.50 m.
- d) Reducción del consumo de agua. En vez de mantener las parcelas inundadas durante la etapa vegetativa, se mantiene solo húmedas, nunca saturadas.
- e) El control de malezas se realiza de manera manual. Con el objetivo de añadir más oxígeno al suelo y a la vez eliminar cualquier competencia de las malas hierbas por los nutrientes, se realiza un desyerbe más antes de la formación de las panículas.

Sistema de transplante tradicional (TRA)

El sistema de transplante es practicado en Nicaragua por los mejoradores y extensionista del INTA con el objetivo de tener un mejor control de contaminantes (arroz rojo) y producir semilla de mejor calidad. Éste consiste en utilizar plántulas de 18 a 20 días de germinada, usando dos o tres plántulas por golpe, en suelo húmedo, pero no inundado. Se siembra en filas compactas a una distancia de 0.25 m. Después de unos días de transplante, el arroz recibe una cantidad de agua, donde la altura de la

lámina de agua va aumentando según la altura de la planta. Para el control de malas hierbas se hace uso de herbicidas.

Sistema de siembra al voleo (VOL)

Este sistema requiere una preparación especial del terreno por melgas o compartimientos, para contener el agua y mantenerla al nivel deseado. Para esto se requiere la construcción de canales de drenaje (para drenar el terreno y controlar los niveles), construcción de diques, el terreno debe de estar bien nivelado y debe de contarse con una fuente de agua que asegure el suministro durante todo el tiempo que el cultivo lo requiera (Somarriba, 1998).

Es el sistema de siembra más utilizado por los productores nicaragüenses. Éste consiste en la dispersión de semilla pregerminada, sobre una lámina de agua de 5 cm de espesor. Con la semilla pregerminada se asegura una mayor germinación y uniformidad en el terreno, permite que la planta de arroz crezca mucho más rápido que las malezas, dándole ventaja de competencia. Se deposita una cantidad de la misma de 96 a 142 kg ha⁻¹. Para el control de malas hierbas se hace uso de herbicidas.

2.3 Descripción del experimento y tratamientos

En el experimento se establecieron los sistemas de siembra: Sistema de Intensificación de Arroz (SRI), Sistema de Transplante Tradicional (TRA) y el Sistema de Siembra al Voleo (VOL). En cada uno de estos sistemas se ubicaron las variedades de arroz INTA-Malacatoya e INTA-Dorado.

El experimento consistió en tres lotes o parcelas grandes establecidas en franjas. En cada uno se evaluaron métodos de siembra y manejo

agronómico diferente usando en cada una las variedades de arroz antes mencionada. Dicho esquema se presenta en Anexo (Figura 1a).

En el lote A se estableció el Sistema de Intensificación de Arroz (SRI), el cual contenía 16 parcelas de 30 m² (5 x 6 m), se evaluaron dos distancias de siembra, y dos variedades de arroz. Se utilizaron cuatro réplicas para cada variedad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variedades y densidades de siembra utilizada en el Sistema Intensificación de arroz (SRI).

| | Factor I Variedades | Factor II Densidades |
|---------|------------------------|-------------------------|
| Niveles | INTA- Malacatoya | 0.25 x 0.25 m |
| | | 0.50 x 0.50 m |
| | INTA -Dorado | 0.25 x 0.25 m |
| | | 0.50 x 0.50 m |

En el lote B, se estableció el Sistema de Siembra de Transplante Tradicional (TRA) el cual contenía 8 parcelas de 30 m² (5 x 6 m), donde se sembraron las dos variedades con una distancia de siembra de 0.25 x 0.25 m.

En el lote C se estableció el Sistema de Siembra al Voleo (VOL), este contenía el mismo número de parcelas que el lote B de 30 m² (5 x 6 m), donde las dos variedades se sembraron al voleo, con una densidad de 129 kg ha⁻¹. Se utilizaron 4 réplicas para cada una de las variedades.

Con el objetivo de realizar comparaciones y análisis en general, se organizó los lotes de la siguiente manera. El lote A se dividió en cuatro tratamientos donde a cada variedad se le asignó dos densidades de siembra. En el lote B y C se dividieron en dos tratamientos cada uno, ya que los mismos

utilizaron únicamente las dos variedades con una sola densidad de siembra (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo.

| Lote | Sist. | Variedades | Trat. | Descripción |
|-------------|--------------|-------------------|--------------|--|
| A | SRI1 | INTA – Dor. | T1 | Variedad INTA- Dorado sembrada de forma indirecta (transplante) con una distancia de 0.25 x 0.25 m. |
| | SRI1 | INTA- Mal. | T2 | Variedad INTA-Malacatoya sembrada de forma indirecta (transplante) con una distancia de 0.25 x 0.25 m. |
| | SRI2 | INTA – Dor. | T3 | Variedad INTA- Dorado sembrada de forma indirecta (transplante) con una distancia de 0.50 x 0.50 m. |
| | SRI2 | INTA- Mal | T4 | Variedad INTA-Malacatoya sembrada de forma indirecta (transplante) con una distancia de 0.50 x 0.50 m. |
| B | TRA | INTA – Dor. | T5 | Variedad INTA- Dorado sembrada de forma indirecta (transplante) con una distancia de 0.25 x 0.25 m. |
| | TRA | INTA- Mal. | T6 | Variedad INTA- Malacatoya sembrada de forma indirecta (transplante) con una distancia de 0.25 x 0.25 m. |
| C | VOL | INTA - Dor. | T7 | Variedad INTA- Dorado sembrada de forma directa (voleo) con una densidad de siembra de 129 kg ha ⁻¹ . |
| | VOL | INTA- Mal. | T8 | Variedad INTA- Malacatoya sembrada de forma directa (voleo) con una densidad de siembra de 129 kg ha ⁻¹ . |

2.4 Descripción del lugar y experimento

El presente estudio se realizó a través de tres lotes compuestos por 32 parcelas experimentales (Anexo, Figura 1a). El ensayo se organizó de forma tal, que en los lotes se evaluaron las diferentes formas de manejos y en las parcelas se manejó las diferentes densidades de siembra.

El área de cada parcela experimental fue de 30 m² (5 x 6 m). En el lote A se establecieron dos distancias de siembra SRI1= 0.25 x 0.25 m y SRI2= 0.5 x 0.5 m, en lote B, solamente una distancia TRA= 0.25 x 0.25 m. Las

parcelas con distancias de siembra de 0.25 x 0.25 m estaban constituidas por 21 surcos de 6 m de longitud, y 11 surcos de 6 m de longitud en las parcelas de 0.5 x 0.5 m. En el caso del lote C, se sembró al voleo con una densidad de siembra de 129 kg ha⁻¹.

En cada lote se dejó un metro entre parcela y borde, se utilizó una área de 20.3 m² (4.5 x 4.5 m) como parcela útil. En los lotes que se sembró con una distancia de siembra de 0.25 x 0.25 m, se dejaron dos surcos a cada lado y dos surcos en el extremo superior y tres en el extremo inferior, para el caso de los lotes con distancia de siembra de 0.50 x 0.50 m se dejó únicamente un surco a cada lado y un surco en el extremo superior y dos en el extremo inferior. En el caso del lote C, se midió 4.5 m a lo largo y 4.5 m ancho para obtener la misma área que los demás lotes. El área total del ensayo fue de 1479 m². En el cuadro 5 se presenta la descripción de las áreas por sistema.

Cuadro 5. Dimensiones del área experimental

| Componentes | Ancho (m) | Longitud (m) | Área (m²) |
|--|------------------|---------------------|-----------------------------|
| SRI (Sistema de intensificación de arroz) | 29 | 25 | 725 |
| - Parcela experimental | 5 | 6 | 30 |
| - Parcela útil | 4.5 | 4.5 | 20.3 |
| TRA (Sistema de Transplante Tradicional) | 29 | 13 | 377 |
| - Parcela experimental | 5 | 6 | 30 |
| - Parcela útil | 4.5 | 4.5 | 20.3 |
| VOL (Sistema de siembra al voleo) | 29 | 13 | 377 |
| - Parcela experimental | 5 | 6 | 30 |
| - Parcela útil | 4.5 | 4.5 | 20.3 |
| Total | 29 | 51 | 1479 |

2.5 Descripción del manejo agronómico del ensayo

2.5.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se inició 15 días antes del establecimiento del cultivo del arroz, realizándose un pase de rotadisco. Posteriormente se le suministró agua a la terraza, hasta alcanzar contenido de humedad mayor que la capacidad de campo. Después se realizó la labor de desbasure, el cual consiste en eliminar restos de plantas que quedaron en la superficie del terreno, con objetivo de lograr una mejor nivelación y rayado del mismo. Por último se precedió a nivelar el terreno y a dividir el mismo y con la ayuda de unos rodos que se ajustaron a una distancia de 0.25 m se realizó el rayado, ésta labor solo se realizó en el lote A y lote B, y no así en el lote C, ya que la siembra en éste, sería únicamente al voleo, usando semilla pregerminada para la siembra.

2.5.2 Siembra

La siembra se realizó el 20 de agosto del 2003, después de haber drenado, nivelado, y rayado el campo, se procedió a realizar la siembra de plántulas y semillas pregerminadas, la cual se realizó de la siguiente manera:

- En el lote A se sembraron plántulas de arroz de 8 días de germinadas, las cuales solamente presentaban dos hojas. En este lote, se realizaron dos siembras, con diferentes distancias: 0.25 x 0.25 m y 0.5 x 0.5 m. entre planta y surco, utilizando únicamente una planta por golpe.
- En el lote B, para la siembra se utilizaron plántulas de arroz siembra de 18 días de germinadas. Lo demás se realizó de la misma manera que el lote A, con la diferencia que solamente se utilizó una distancia de siembra (0.25 x 0.25 m).
- El lote C, consistió en la siembra de semilla pregerminada a razón de 129 kg ha⁻¹.

El manejo del agua durante el crecimiento del cultivo, dependió tanto de la edad de la planta como del lote. La lámina del agua en el lote A se mantuvo aproximadamente con un máximo de 2 cm de espesor; sin embargo, esta no era permanente, ya que se drenaba el campo regularmente, y se suministraba agua hasta que el suelo alcanzara el agrietamiento, esto se realizaba con el objetivo de airear el suelo. El manejo del agua en el lote B y C, era similar entre sí, ya que la lámina de agua aumentaba de acuerdo al crecimiento de la planta, además esta era permanente en los mismos. En lote A y B, se utilizaron bandejas plásticas para establecer el almacigo.

2.5.3 Control de malezas

El control de malezas varió de acuerdo al tipo de lote. En el lote A, se controló a las malezas de manera manual. Se desmalezó tres veces a los 15, 25 días después del transplante y antes de la floración.

En los lotes B y C, se utilizó Ally a razón de 0.00712 kg ha⁻¹ para el control de gramíneas y Clincher a razón de 1.14 l ha⁻¹, para el control de malezas de hojas anchas.

2.5.4 Fertilización

La fertilización se realizó al mismo tiempo y dosis para los tres lotes. Se utilizó fertilizante completo (18-46-0) a razón de 128 kg ha⁻¹. En el caso de la fertilización nitrogenada se utilizó Urea 46% con una dosis de 170 kg ha⁻¹ el cual se fraccionó en tres aplicaciones.

2.5.5 Control de plagas insectiles

Para el control de plagas insectiles se utilizaron productos químicos los cuales fueron: Cypermctrina a razón de 0.21 l ha⁻¹ al momento de la

floración y en estado lechoso del grano, en el control del chinche (*Oevalus* spp). En el control de plagas del suelo se usó Terbufos a razón de 15 kg ha⁻¹.

Para el control o prevención de enfermedades no se realizaron aplicaciones de fungicidas, por motivos de estudio de los tratamientos al comportamiento de resistencia a tales enfermedades.

2.6 Variables evaluadas

En el presente trabajo se evaluaron las siguientes variables: vigor de planta, habilidad de macollamiento, las cuales fueron evaluadas desde la etapa 02 hasta 06, y las variables como altura de planta, acame, números de tallos, números de panícula por planta, longitud de panícula, número de granos por panículas, peso de mil granos y rendimiento en grano fueron medidas en la etapa 9 (Cuadro 6).

La evaluación de las variables como el vigor de planta y acame, se hizo según el sistema estándar para arroz utilizado por el CIAT (1983) (Cuadro 7 y 8, respectivamente).

Se realizó análisis de varianza de: altura de planta, habilidad de macollamiento, números de tallos fértiles, longitud de panícula, números de panículas por plantas, números de granos por panículas, fertilidad de panículas, peso de 1000 granos y rendimiento en grano.

Cuadro 6. Calificación de los estados fenológicos de la planta de arroz.

| Calificación | Categoría |
|---------------------|----------------------|
| 00 | Germinación |
| 01 | Plántula |
| 02 | Ahijamiento |
| 03 | Elongación del tallo |
| 04 | Cambio del primordio |

| | |
|----|--------------------------|
| 05 | Panzoneo |
| 06 | Floración |
| 07 | Estado lechoso del grano |
| 08 | Estado pastoso del grano |
| 09 | Maduración fisiológica |

2.6.1 Variables de crecimiento y desarrollo

Para la medición de estas variables se tomaron 10 plantas al azar dentro de la parcela útil, las cuales fueron muestreadas en la etapa de ahijamiento hasta la etapa de madurez fisiológica.

Vigor (vg)

El vigor vegetativo del material está influenciado por varios factores como: la habilidad de macollamiento, y la altura de la planta (Cuadro 7). El tiempo de evaluación fue en estado de ahijamiento (Cuadro 6).

Cuadro 7. Escala para la variable de vigor

| Clasificación | Categorías |
|---------------|--|
| 1 | Muy vigoroso |
| 3 | Vigoroso |
| 5 | Plantas intermedias o normales |
| 7 | Plantas menos vigorosas que las normales |
| 9 | Plantas muy débiles y pequeñas |

Acame (Ac)

Es el desplazamiento inelástico de las plantas desde su posición vertical, tomándose como características positivas la habilidad de los tallos a permanecer erectos en el campo.

La medición de esta variable se evaluó a través de la observación visual y se registró en la fase de crecimiento estado (08) y (09) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Escala utilizada para la variable acame

| Escala | Categoría | Descripción |
|---------------|------------------------------|---|
| 1 | Tallos fuertes | Sin volcamiento |
| 3 | Tallos moderadamente fuerte | La mayoría de las plantas (mas del 59%) presenta tendencia al volcamiento |
| 5 | Tallos moderadamente débiles | La mayoría de las plantas moderadamente volcadas. |
| 7 | Tallos débiles | La mayoría de las plantas casi caídas |
| 9 | Tallos muy débiles | Todas las plantas en el suelo |

Habilidad de macollamiento (HMa)

Se registró el número de macollas por plantas. Esto se realizó a los 45 y 65 días después del transplante (ddt).

Altura de la planta (AP)

Fue medida en cm desde la superficie del suelo hasta la punta de la panícula más alta excluyendo la arista.

2.6.2 Variables de rendimiento

Se tomaron 10 plantas aleatorizadas dentro de la parcela útil y se realizó el conteo del número de tallos fértiles y números de panículas. Además se cosecharon 10 panículas al azar con el fin de tomar datos como; longitud de panículas, números de granos por panículas y fertilidad de la misma.

Porcentaje de tallos fértiles (PTF)

Se registró los tallos de cada planta que contenían panículas con granos. El tiempo de evaluación se realizó en la etapa (07).

Número de panículas por plantas (NPP)

Se contaron el número de panículas por planta, obteniéndose posteriormente una media, dato utilizado en el análisis de varianza.

Longitud de panículas (LP)

Se realizó la medición en cm desde el nudo ciliar hasta el extremo superior excluyendo las aristas.

Números de granos por panículas (NGP)

De las 10 panículas de cada parcela, tomada para determinar la variable longitud de la panícula se procedió a contar los granos totales por panícula para extraer posteriormente la media por panícula.

Porcentaje fertilidad de panícula (PFP)

De las 10 panículas cosechadas por tratamiento en cada parcela se contaron los granos llenos y los granos vanos para obtener el porcentaje de fertilidad por panícula.

Peso de 1000 granos (P1000G)

Se tomó una muestra de 1000 granos llenos por tratamiento y se pesó en gramos al 14% humedad.

Rendimiento en grano (Rnd)

El rendimiento se determinó en el estado fenológico 9 de la planta (arroz en cáscara o paddy) y se expresó en kg ha^{-1} al 14% de humedad, el grano a

utilizar fue sólo el cosechado en el área de la parcela útil previamente limpio.

2.6.3 Evaluación de enfermedades

La evaluación de las enfermedades se realizó mediante las escalas propuestas por el sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT (1983) (Cuadro 9 y 10). Las enfermedades evaluadas principalmente fueron: Pyricularia de la hoja (*Pyricularia grisea*) y añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Khun).

Pyricularia de la hoja (B1)

La aplicación de la escala se realizó según el área foliar afectada. El tiempo de evaluación fue en la etapa (05) (Cuadro 09).

Cuadro 9. Escala de Pyricularia en la hoja (B1).

| Calificación | Porcentaje de área foliar afectada |
|---------------------|---|
| 0 | Ninguna lesión visible |
| 1 | Menos del 1% |
| 3 | 1 - 5% |
| 5 | 6 - 25% |
| 7 | 26 - 50 % |
| 9 | 51 -100% |

Añublo de la vaina (SHB)

Produce lesiones verdes grisáceas, las cuales pueden agrandarse y unirse con otras, principalmente en las vainas foliares y ocasionalmente en las hojas (CIAT, 1983).

La aplicación de la escala se realizó según el área foliar afectada. El tiempo de evaluación fue en la etapa (07) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Escala de añublo de la vaina (SHB).

| Calificación | Descripción |
|---------------------|---|
| 0 | Ninguna lesión. |
| 1 | Lesiones en la vaina hasta $\frac{1}{4}$ de la altura de las macollas. |
| 3 | Lesiones de la vaina hasta la mitad de la altura de la macollas. |
| 5 | Lesiones hasta más de la mitad de la altura de las macollas. |
| 7 | Lesiones presente en más de $\frac{3}{4}$ de la altura de las macollas. |
| 9 | Lesiones llegan al extremo superior de los tallos. |

2.7 Análisis estadístico

Los datos recopilados en el campo fueron introducidos en hojas electrónicas (Excel) y procesador de texto (Word), luego fue procesada y analizada en SAS, (2001).

El ensayo estuvo constituido por parcelas experimentales ubicadas en los diferentes sistemas, dichos sistemas fueron manejados en franjas, delimitadas por terrazas (Figura 1A). Las variedades y su arreglo poblacional estaban anidados en los diferentes sistemas de siembra.

El arreglo experimental no se adaptó a ningún tipo de diseño determinado, por lo que el modelo estadístico se conformó tomando en cuenta el modelo utilizado por Cochran y Cox (1983) en experimentos con características similares y aproximadas al presente esquema de ensayo.

El modelo propuesto por Cochran y Cox (1983) es aplicado a un arreglo sistemático de los tratamientos empleados en las unidades experimentales, el cual consiste en una variante del diseño de parcelas divididas. En el presente estudio se pusieron en práctica algunos modelos estadísticos y se seleccionó el siguiente por la disminución de las varianzas de los errores.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_{ik} + \tau_j + (\beta\tau)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

De donde:

Y_{ijk} Es el efecto medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos.

μ Es el efecto de la media poblacional.

| | |
|--------------------|--|
| β_i | Es el efecto del i-ésimo sistemas (SRI1, SRI2, TRA y VOL) |
| α_{ik} | Es la varianza para estimar la significancia en los sistemas. |
| τ_j | Es el efecto de la j-ésima variedades (INTA-Dorado e INTA-Malacatoya) |
| $(\beta\tau)_{ij}$ | Es el efecto de interacción entre el sistema y la j-ésima variedad de arroz |
| ϵ_{ijk} | Es la varianza para estimar las variedades y la interacción sistema*variedad |

Debido a que el diseño del experimento poseía características que imposibilitaban la realización de algunos análisis de determinados factores, se recurrió a realizar arreglos de tratamientos en los cuales se tomaron en cuenta a los sistemas estudiados (Cuadro 4), a esto se le realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y comparaciones de medias a través de la mínima significancia estadística (LSD).

2.8 Análisis económicos de los tratamientos evaluados

Se utilizó la metodología del Análisis de Experimentos Agrícolas con presupuestos parciales propuestos por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988).

Costos variables. Se tomaron en cuenta cada uno de los tratamientos donde se incluye (semilla, siembra, energía eléctrica, mano de obra, etc.)

Rendimiento. Es el resultado de las cosechas en granos, y se expresó en kg ha^{-1} .

Rendimiento ajustado. Es el rendimiento obtenido disminuido en un determinado porcentaje (5%) para hacer más real el resultado en comparación con el obtenido por el agricultor.

Beneficio bruto. Es el resultado obtenido de multiplicar el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado.

Beneficio neto. Este es igual al beneficio bruto menos los costos que varían.

Análisis de dominancia. Es un análisis a través del cual, se organizan los tratamientos de acuerdo con un orden creciente de los costos que varían.

Beneficios netos. Esto se utiliza con el fin de seleccionar los tratamientos que en términos de ganancias ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores.

Tratamiento dominado. Es un tratamiento que obtiene mayores costos variables y menores o iguales beneficios netos.

Tasa de retorno marginal. Es la rentabilidad que genera una inversión marginal, expresado en porcentaje.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de varianza de los factores estudiados

El análisis de varianza (ANDEVA) indicó que hubo efecto entre los sistemas en la mayoría de las variables evaluadas, con excepción del Porcentaje de fertilidad de panículas (PFP) y peso de mil granos (P1000G) (Cuadro 11).

Con respecto a las variedades, las variables longitud de panículas (LP), porcentaje de fertilidad de panículas (PFP), número de granos por panículas (NGP) y peso de mil granos (P1000G) presentaron efecto significativo superior al 95 % de confianza.

Cuadro 11. Comportamiento de la significancia estadística ($Pr > F$) del ANDEVA realizado a las variables para los diferentes factores de estudio.

| Variable | Sistema | Variedad | Sist * var | R ² | CV _(a) | CV _(b) |
|----------------------|---------|----------|------------|----------------|-------------------|-------------------|
| HMa. (45 DDS) | <.0001 | 0.6242 | 0.9306 | 0.948 | 22.84 | 18.57 |
| HMa. (65 DDS) | <.0001 | 0.7628 | 0.5023 | 0.983 | 16.15 | 13.55 |
| AP | 0.001 | 0.2713 | 0.2838 | 0.868 | 2.67 | 2.14 |
| PTF | 0.0051 | 0.9633 | 0.6917 | 0.860 | 8.83 | 6.27 |
| NPP | <.0001 | 0.3886 | 0.6382 | 0.971 | 15.27 | 19.32 |
| LP | <.0001 | 0.0278 | 0.2585 | 0.876 | 3.32 | 3.66 |
| PFP. | 0.1350 | <.0001 | 0.2745 | 0.864 | 8.04 | 5.86 |
| NGP | 0.0002 | 0.0327 | 0.8353 | 0.882 | 11.56 | 10.77 |
| P1000G | 0.3890 | 0.0187 | 0.0648 | 0.915 | 6.72 | 5.42 |
| Rnd ha ⁻¹ | 0.0026 | 0.1634 | 0.2989 | 0.704 | 12.50 | 17.51 |

Si $Pr \leq 0.05$ es significativo ($\alpha=0.05$).

Sist * Var = Sistema * Variedad

R² = Coeficiente de determinación.

CV (a) = Coeficiente de variación en los lotes

CV (b) = Coeficiente de variación en las variedades

No hubo diferencias estadísticas significativas para ninguna variable evaluada en el caso de la interacción sistema*variedad. En el cuadro 11, se puede apreciar la significancia estadística y otros parámetros estadísticos de importancia.

3.2 Comparaciones de variables y tratamientos estudiados (Arreglos)

3.2.1 Variables de crecimiento y desarrollo

Vigor (Vg)

El vigor es tan importante para siembras directas como para el transplante debido a que disminuye la competencia de malezas, compensa las pérdidas de plantas (Cardoza y Gonzáles, 2004).

El vigor vegetativo del material está influenciado por varios factores como la habilidad de macollamiento, la altura de la planta, entre otras (CIAT, 1983).

Plantas con vigor vegetativo inicial son deseables, si tal vigor no conduce a un crecimiento excesivo y al sombrío mutuo después que comienzan a formarse las panículas (Chavarría, 2000).

Con el sistema de intensificación de arroz (SRI), las plántulas se plantan cuando se tienen de 8 a 10 días, cuando sólo tiene dos hojas. Con los métodos tradicionales, las plántulas se plantan cuando tienen 3 semanas (Berkelaar, 2001).

Según la escala del CIAT (1983), las dos variedades evaluadas en el SRI bajo las dos distancias de siembra obtuvieron la categoría 3, las que se califican como material vigoroso (Cuadro 8). Los campos de SRI a un mes o más, después del transplante las plantas son delgadas y pequeñas y con un amplio espaciamiento (Berkelaar, 2001).

Al inicio las plántulas bajo el SRI no son muy vigorosas, esto coincide con Berkelaar, (2001), quien afirma que en el primer mes, la planta se está preparando para producir retoños, y es hasta el segundo mes, que se

inicia la producción de retoños en sí. En el tercer mes, el campo parece explotar con el rápido crecimiento de los retoños.

En el sistema de Transplante tradicional la variedad INTA-Dorado presentó escala 5, lo que significa que es menos vigorosa, en comparación con INTA-Malacatoya, ya que esta obtuvo una calificación 3 en la escala del CIAT, (1983) (Figura 2).

En el caso del sistema de siembra al voleo (VOL), las variedades se comportaron de manera similar, no obstante, estas se diferenciaron de los demás sistemas ya que obtuvieron calificaciones más altas (5), lo que significa que obtuvieron un vigor inferior (Figura 2).

Esto se puede explicar debido a la competencia intra específica que existe entre las plantas, por la alta densidad poblacional. Según Tobón, (1986) la competencia por luz, agua y nutrientes aumentará a medida que aumente el número de plantas por unidad de superficie, donde éstos tienen que estar disponible en cantidades suficientes para el completo desarrollo de una planta a través de todo su período vegetativo (Figura 2).

Acame (Ac)

Los tallos cortos, fuertes y flexibles más que ningún otro carácter condiciona la resistencia de la planta al volcamiento. Aunque la resistencia al volcamiento está relacionada principalmente con la poca altura, depende también de otros caracteres incluyendo el diámetro del tallo y el espesor de las paredes del tallo y el grado hasta el cual la vaina de las hojas se adhiere a los entrenudos (Jennings *et al.*, 1981).

La resistencia del acame está asociado con la naturaleza y extensión del sistema radicular, con el espesor y la resistencia de la vaina, con el tamaño de los entrenudos y con la altura de la planta (Zeledón, 1993).

Mediante el sistema de evaluación estándar del CIAT, (1983) se ubican en la escala 5 (plantas moderadamente volcadas en su mayoría) los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de susceptibilidad al acame, el cual encontramos al sistema de siembra directa (voleo) con las variedades INTA-Dorada e INTA-Malacatoya. Los sistemas que no presentaron acame fueron el SRI1, SRI2 y TRA, los cuales se ubican en la escala 1 (sin volcamiento) (Figura 2).

Esto coincide con Leal y Degiovanni (1993), quienes afirman que el acame se debe a factores genéticos y a las deficiencias en el manejo de las variedades, como: Altas densidades de siembra, alta fertilización nitrogenada, alta lámina de agua en el caso de riego y a la presencia de vientos fuertes próximos a la cosecha.

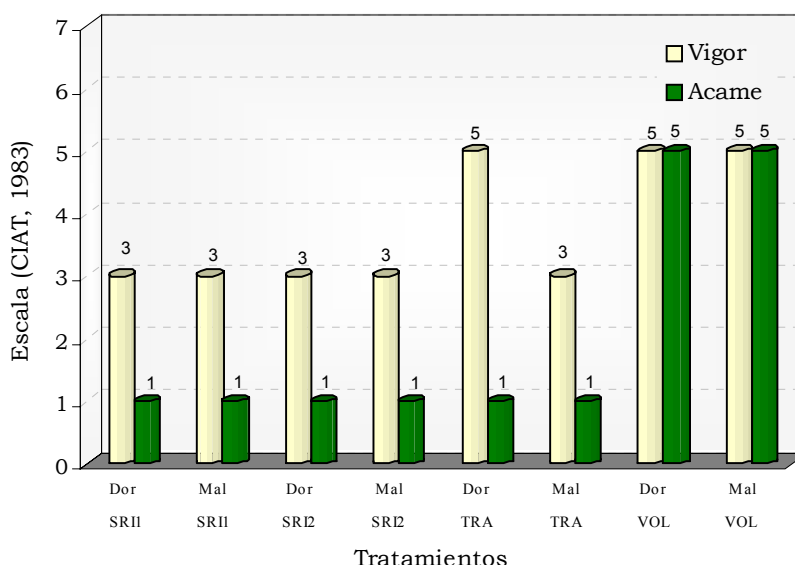


Figura 2. Comportamiento de vigor (Vg) y acame (Lg) de las dos variedades de arroz en los diferentes sistemas de siembra y manejo.

Habilidad de macollamiento (HMa)

Al igual que la altura de planta, la habilidad para producir hijos en el cultivo del arroz está influenciada por las condiciones ambientales. Es la etapa más larga del ciclo del cultivo y dura entre los 45 a 55 días en las variedades precoces y tardías, respectivamente (Bird y Soto, 1991).

El macollamiento es uno de los componentes del rendimiento y su máxima expresión estará en dependencia de los nutrientes, agua y espacio. Una combinación de alta habilidad de macollamiento y una agrupación compacta de tallos, permitirá que las macollas reciban mayor radiación solar (Jennings, 1985).

Según Cardoza y González (2004), la habilidad de macollamiento es un carácter cuantitativo que está ligado a características genéticas y depende al mismo tiempo de las condiciones en el cual el cultivo se desarrolle, por ejemplo: densidad de siembra, fertilidad del suelo y temperaturas bajas que no permiten la formación del macollamiento.

Según Tascon (1988), la planta de arroz macolla con una lámina baja de agua y no es necesario drenar el lote para que ocurra esta etapa del desarrollo. Conviene drenar en cambio, para fertilizar antes del primordio, y luego se inunda el campo hasta el llenado del grano. Sin embargo, Agro síntesis (2000), muestra experiencia obtenida en Madagascar donde se ha constatado que el arroz no es una planta acuática que exige inundación, sino que simplemente soporta o tolera tal estado. Además, aclara que el arroz especialmente en su fase de crecimiento vegetativo, necesita buena aireación, por tanto, no debiera inundarse los campos, sino hacer riegos mínimos e intermitentes. En cambio, en su fase reproductiva sí podría recurrirse a una inundación controlada mínima, de no más de 1-2 cm de

lámina de agua, por cortos períodos (que es el caso precisamente del riego intermitente).

Los efectos de una inundación permanente son fundamentalmente: acidificación del suelo (baja del pH), destrucción del arenquima (tejido conductor de aire), restricción de la absorción de nutrimentos y afectación del ciclo del nitrógeno (retroceso del proceso de nitrificación).

El presente estudio se realizó dos conteos del número de hijos por planta en diferentes fechas, con el fin de evaluar el macollamiento de cada variedad de arroz en los diferentes sistemas.

El ANDEVA realizado muestra que no se encontró diferencias significativas en el caso de la interacción entre la variedad*sistema; sin embargo, éste encontró altas diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sistemas.

En el cuadro 12 se puede apreciar que el comportamiento que presentaron las variedades, difieren en relación a cada sistema, donde los promedios más altos se encontraron para esta variable, en los sistemas de transplante (SRI1, SRI2 y TRA) en comparación con el sistema de siembra al voleo (VOL). Por otro lado podemos observar que en ambas fechas (45 y 65 DDS) las variedades en los mismos sistemas presentaron un incremento de tallos en relación con el tiempo. Lo que significa que las mismas en cada sistema presentaron un patrón diferenciado en su habilidad de macollamiento a través del tiempo.

Cuadro 12. Comparación de los valores medios para la variable habilidad de macollamiento.

| Sistemas | 45 DDS | 65 DDS |
|-----------------|---------------|---------------|
| SRI2 | 41.3 a | 78.4 a |
| SRI1 | 34.7 b | 43.7 b |
| TRA | 25.9 c | 31.3 c |
| VOL | 7.1 d | 8.7 d |
| LSD | 5.516 | 5.988 |

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente

LSD= Es la mínima significancia estadística. ($\alpha=0.05$).

DDS= Días después de la siembra

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de las variedades en relación a cada sistema, donde se puede observar que a medida que las densidades siembra eran menores el comportamiento de las variedades con respecto a la habilidad de macollar aumentó constantemente. De igual manera se puede notar el incremento de tallos por planta, que hubo entre la primera toma de datos con respecto a la segunda.

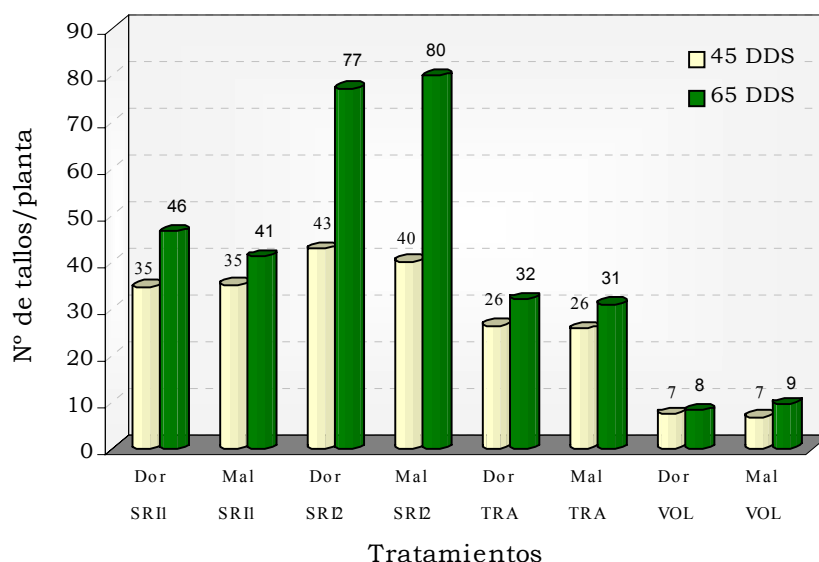


Figura 3. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con la habilidad de macollamiento

Altura de la planta (AP)

La altura de la planta de arroz, es fuertemente influenciada por condiciones ambientales (CIAT, 1983). Este cultivo posee una altura variable, ya que existen variedades de porte bajo, intermedios y alto. La altura de las variedades comerciales oscilan entre 1 a 1.5 m (Zavala y Ojeda, 1988).

Al realizar el análisis estadístico se encontró diferencias estadísticas significativas entre los sistemas. Donde el sistema SRI1 se diferenció tanto del TRA como del VOL. Por otro lado el SRI1, SRI2 y TRA se diferenciaron estadísticamente del VOL. En el cuadro 13 se aprecia que en el SRI1 y SRI2 se encontraron los mayores promedios de alturas de planta, mientras que en el TRA se advierte una disminución de la misma. De igual manera ocurrió con el VOL donde se encontraron los menores promedios.

Quizás la edad de la plántula y forma de siembra pudieron ser unos de los factores que influyeron en el comportamiento de las mismas para esta variable. Según Orozco y Gonzáles (1983), la altura de la planta disminuye conforme incrementa el tiempo de transplante de una variedad, debido a que la planta sufre un mayor daño mecánico, ya que su sistema radical se encuentra más desarrollado. Por otro lado García (1992); encontró en su experimento que las plantas que se sembraron de forma indirecta o al transplante presentaron mayor promedios significativamente más alto comparado con las variedades que se sembraron de forma directa o al voleo.

Cuadro 13 .Valores medios de los diferentes lotes, y significancia estadística (Pr>F) en la variable altura de planta.

| Sistemas | Medias | SRI1 | SRI2 | TRA |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| SRI1 | 103.0 | | | |
| SRI2 | 100.3 | 0.0740 | | |
| TRA | 99.7 | 0.0377 | 0.5889 | |
| VOL | 95.0 | 0.0002 | 0.0031 | 0.0058 |

Si Pr ≤ 0.05 es significativo ($\alpha=0.05$).

SRI1= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)

SRI2= siembra por transplante (0.50 x 0.50 m)

TRA= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)

VOL= siembra al voleo (129.02 kg ha⁻¹)

En la figura 4 se puede apreciar el comportamiento que presentaron las variedades con respecto a los diferentes sistemas. Donde los promedios más alto para ambas variedades se encontraron en el SRI1. En el caso SRI2 se nota que ambas variedades presentaron un leve decrecimiento en la misma. Con respecto al sistema de siembra directa (VOL) se observó que las mismas presentaron los promedios más bajos para esta variable.

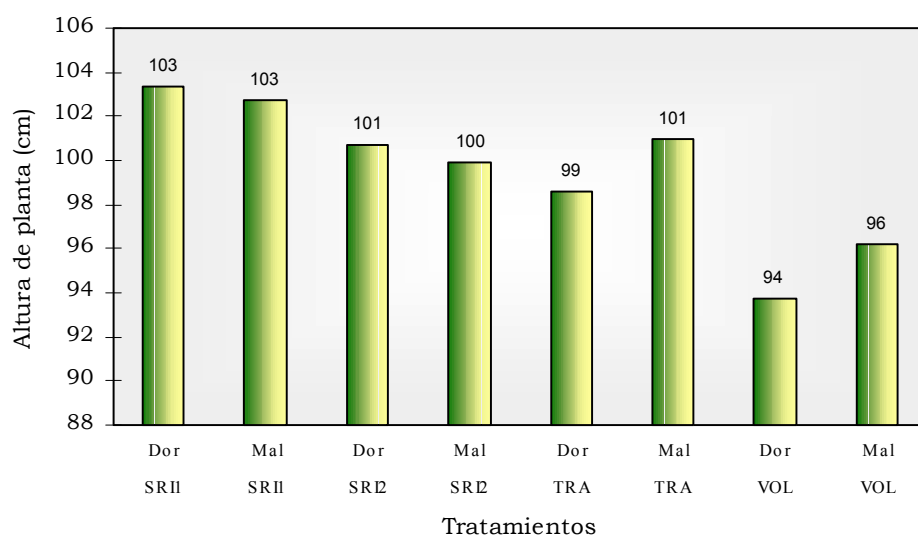


Figura 4. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con a la altura.

3.2.2 Variables de rendimientos

Porcentaje de tallos fértiles por planta (CmN)

En la fase vegetativa se determina el número de vástagos que equivale al número potencial de panículas (De Datta, 1986). Por otro lado, Angladette (1975), afirma que debido a que no todo los hijos de la planta de arroz llevan panícula, de hecho el ahijamiento efectivo se mide por el número de vástagos con panícula.

En el análisis estadístico realizado se encontró diferencias estadísticas significativas entre los sistemas, donde los sistemas de transplante (SRI1, SRI2 y TRA), obtuvieron los mejores porcentaje de tallos fértiles o tallos con panículas con 88.7, 92.9 y 90.4%. Estos se diferenciaron tanto estadísticamente como cuantitativamente del sistema de siembra directa (VOL), ya que el porcentaje de fertilidad que presentaron las dos variedades en este sistema, fue mucho menor, logrando apenas un 74.7% de tallos fértiles; no obstante entre los tres sistemas de siembra por transplante se observa una diferencia cuantitativamente entre sí, donde se advierte un incremento de fertilidad a medida que las distancias de siembra eran menores (0.50 x 0.50 m). El SRI2 superó tanto al SRI1, como al sistema de siembra de transplante tradicional (TRA), los cuales presentaban la misma distancia de siembra (0.25 x 0.25 m) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Valores medios del número de tallos fértiles por planta en los diferentes sistemas, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Porcentaje de fertilidad de tallos

| Sistemas | Medias | SRI1 | SRI2 | TRA |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| SRI1 | 88.76 | | | |
| SRI2 | 91.99 | 0.4199 | | |
| TRA | 90.41 | 0.6752 | 0.6897 | |
| VOL | 74.73 | 0.0051 | 0.0014 | 0.0027 |

Si $Pr \leq 0.05$ es significativo ($\alpha=0.05$).

SRI1= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)
SRI2= siembra por transplante (0.50 x 0.50 m)
TRA= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)
VOL= siembra al voleo (129 kg ha⁻¹)

En la figura 5 se puede apreciar el comportamiento que presentaron las variedades con respecto a los diferentes sistemas. Donde el mayor porcentaje de tallos fértiles se encontró donde las distancias de siembra eran menores (0.50 x 0.50 m). A medida que la densidad aumentaba, las variedades presentaron una leve disminución de fertilidad para esta variable.

Además podemos observar que el porcentaje de fertilidad para el caso de los sistemas con densidades de 0.25 x 0.25 m (SRI1 y TRA) fueron similares.

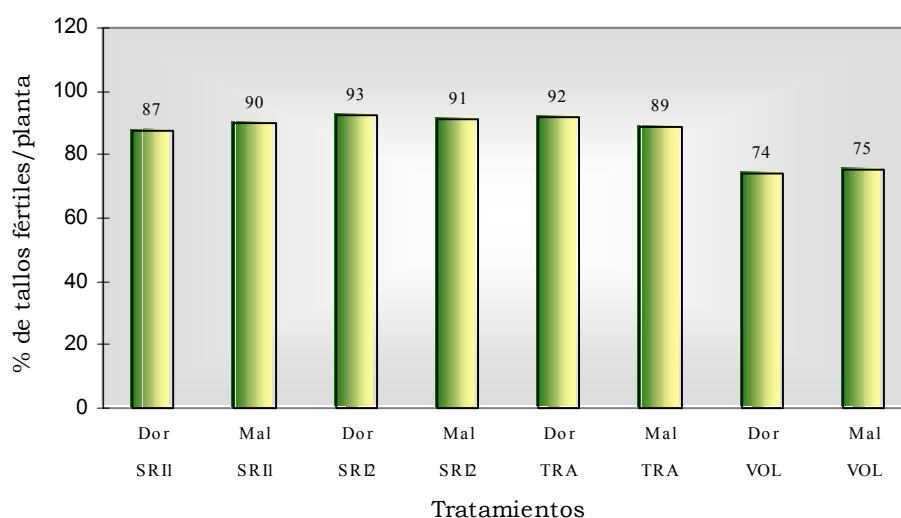


Figura 5. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el porcentaje de tallos fértiles

Número de panículas por plantas

En la fase vegetativa se determina el número de vástagos que equivale al número potencial de panículas (De Datta, 1986).

Angladette (1975), afirma que debido a que no todos los hijos de la planta de arroz llevan panículas, de hecho el ahijamiento se mide por números de vástagos con panículas.

Berkelaar (2001), afirma que el espaciamiento óptimo, para obtener mayor número de tallos fértiles depende de la estructura del suelo, los nutrientes del suelo, la temperatura, humedad y otras condiciones.

Al realizar el análisis estadístico se muestra que hubo diferencias estadísticas significativas entre los sistemas. En el Cuadro 15, se puede observar que el sistema que obtuvo los mayores valores para esta variable se encontró en el SRI2 con 67 panículas por plantas.

Esto quizás se debió a que al dejar mayor espaciamiento entre planta, las mismas alcanzaron mejor desarrollo, ya que la competencia que existió entre planta en el SRI2 fue menor en relación con los demás sistemas, por lo tanto dio como resultado una planta más fuerte y vigorosa, donde el número de tallos por planta se incrementó y por ende el número de panículas por planta.

Según Berkelaar (2001), los mejores promedios se han obtenido en buenos suelos con espaciamientos de 0.50 x 0.50 m entre planta y surco.

Cuadro 15. Valores medios de los diferentes sistemas, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Numero de panículas por plantas.

| Sistemas | Medias | SRI1 | SRI2 | TRA |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| SRI1 | 35.9 | | | |
| SRI2 | 67.4 | <.0001 | | |
| TRA | 25.3 | 0.0044 | <.0001 | |
| VOL | 3.6 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |

Si $Pr \leq 0.05$ es significativo ($\alpha=0.05$).

SRI1= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)
 SRI2= siembra por transplante (0.50 x 0.50 m)
 TRA= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)
 VOL= siembra al voleo (129 kg ha⁻¹)

En la Figura 6, se puede apreciar el comportamiento que presentaron las variedades en relación con los diferentes sistemas de siembra y manejo.

Donde se puede observar que los promedios más altos para estas variables se encontraron en el SRI2 y los más bajos en el VOL.

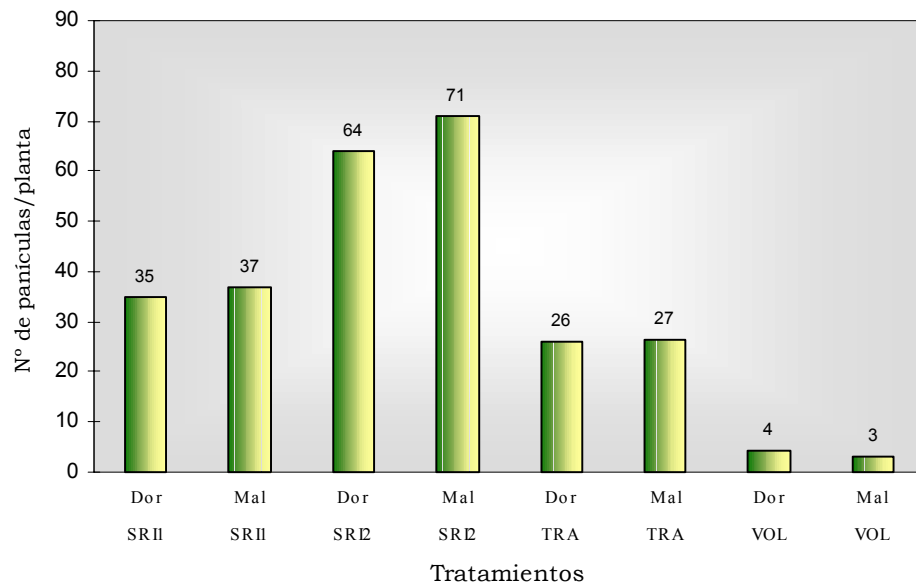


Figura 6. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el número de panícula por planta.

Longitud de panícula

Según Jeannings, *et al* (1981), debería de esperarse rendimientos más altos de las líneas que combinan buen macollamiento con panículas largas. Sin embargo, muchos investigadores se preocupan innecesariamente por el tamaño de la panícula como objetivo de mejoramiento.

En el caso de la longitud de panícula, existieron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas. Sin embargo los sistemas SRI1 y SRI2, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí, pero si presentaron diferencia estadística con respecto a los demás sistemas (TRA y VOL). El promedio general por sistema para esta variable osciló entre 20

a 23 cm, donde los sistemas SRI1 y SRI2, presentaron los mayores promedios (Cuadro 16)

Cuadro 16. Valores medios de los diferentes sistemas, y significancia estadística ($Pr > F$) en la variable Longitud de panícula.

| Sistemas | Medias | SRI1 | SRI2 | TRA |
|-----------------|---------------|-------------|-------------|------------|
| SRI1 | 23.4 | | | |
| SRI2 | 23.6 | 0.7700 | | |
| TRA | 22.3 | 0.0112 | 0.0069 | |
| VOL | 20.8 | <.0001 | <.0001 | 0.0030 |

Si $Pr \leq 0.05$ es significativo ($\alpha=0.05$).

SRI1= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)

SRI2= siembra por transplante (0.50 x 0.50 m)

TRA= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)

VOL= siembra al voleo (129.02 kg ha⁻¹)

El ANDEVA realizado encontró diferencias estadísticas significativas entre las variedades, donde INTA-Malacatoya obtuvo el promedio más alto con 22.88 cm en relación con INTA-Malacatoya la cual alcanzó una longitud de 22.15 cm.

En la Figura 7, se puede apreciar el comportamiento que presentaron las variedades en relación con los diferentes sistemas de siembra, donde se puede observar que a medida la densidad poblacional aumentaba la longitud de la panícula presentó una leve reducción.

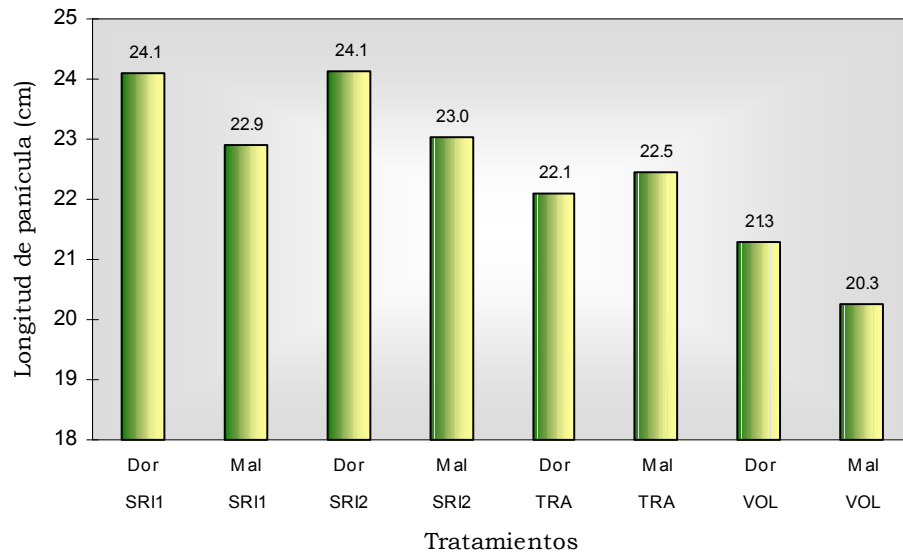


Figura 7. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con la longitud de panícula.

Porcentaje fertilidad de espiguillas

El número de espiguillas es el segundo en importancia entre los componentes del rendimiento y es controlado durante la fase vegetativa. El número de espiguillas se disminuye si las ramas secundarias no se forman o si se forman y luego se degeneran (CIAT, 1986).

La fertilidad de espiguillas es un requisito obvio para obtener altos rendimientos y este porcentaje de granos llenos o fertilidad los determina la cantidad de espigas vacías. Con un buen manejo y un crecimiento apropiado se obtiene altos rendimientos para una esterilidad del 10 a 15%, pero la esterilidad es común en materiales mejorados (Ulloa, 1996).

El ANDEVA realizado no encontró diferencia estadística significativa entre los sistemas; no obstante, se encontró diferencias estadísticas significativas entre las variedades. Donde INTA-Dorado se diferenció

estadísticamente de INTA-Malacatoya, alcanzando la primera el promedio más alto para esta variable con 80.7% comparado con INTA-Malacatoya la cual alcanzó apenas un 71.7% de fertilidad.

En la Figura 8, se puede apreciar que ambas variedades en los sistemas de transplante presentaron comportamiento similar; sin embargo éstas en relación con el VOL mostraron un porcentaje de fertilidad menor.

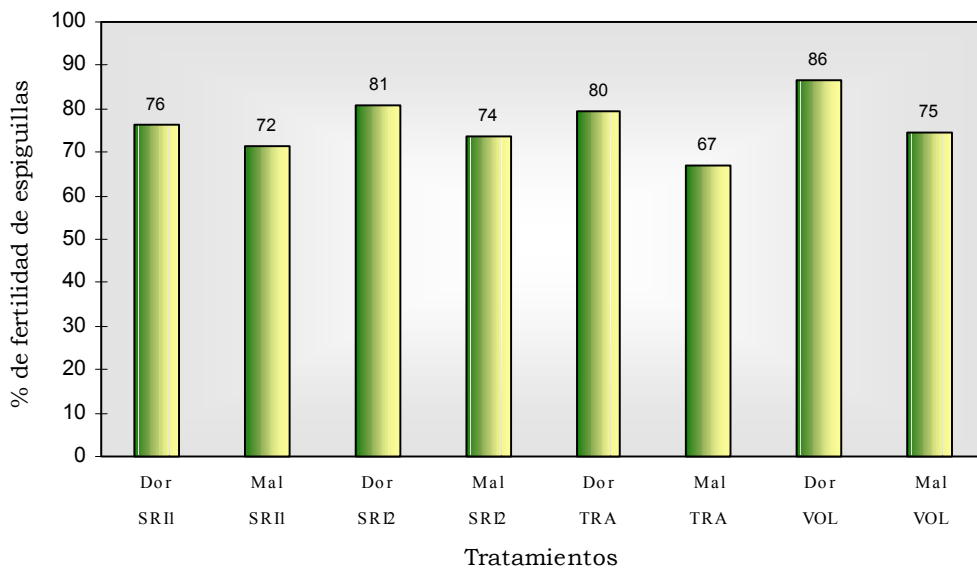


Figura 8. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación al porcentaje de fertilidad de espiguillas.

Aparentemente cuando el número de panículas por planta tiende a aumentar, el porcentaje de fertilidad de panículas tiene a disminuir como una reacción de compensación de la planta.

Esto coincide con García (1992), quien encontró que en las variedades que realizó transplante o siembra indirecta el porcentaje de esterilidad de espiguillas fue significativamente mayor comparada con las variedades que se sembraron de forma directa o al voleo.

Números de granos por panículas

El número de panícula por área o planta, al igual que el número de granos por panícula representa una parte esencial que puede incrementar el rendimiento. Según Chavarría (2000), el número de semillas por panículas es un componente considerado para obtener buenos rendimientos y todo está ligado con la fertilidad o esterilidad de la panícula.

El número de granos por panícula esta en función de su longitud y densidad de ramificación.

En el caso de los sistemas, se encontró diferencias estadísticas entre sí, donde el sistema SRI1 difiere tanto del TRA como del VOL. Por otro lado el sistema TRA se diferenció estadísticamente del VOL (Cuadro 17).

Cuadro 17. Valores medios de los diferentes sistemas, y significancia estadística (Pr > F) en la variable número de granos por panícula

| Sistemas | Medias | SRI1 | SRI2 | TRA |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| SRI1 | 128.80 | | | |
| SRI2 | 136.20 | 0.3003 | | |
| TRA | 114.25 | 0.0590 | 0.0098 | |
| VOL | 86.72 | 0.0001 | <.0001 | 0.0027 |

Si Pr ≤ 0.05 es significativo ($\alpha=0.05$)

SRI1= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)

SRI2= siembra por transplante (0.50 x 0.50 m)

TRA= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)

VOL= siembra al voleo (129.kg ha⁻¹)

Para el caso de las variedades el ANDEVA realizado encontró diferencias estadísticas significativas entre sí, donde la variedad INTA-Malacatoya alcanzó el mayor promedio con 121.8 granos por panícula comparado con INTA-Dorado la cual alcanzó apenas un promedio 111.14.

En la Figura 9 se puede observar el comportamiento que presentaron las variedades en relación con los diferentes sistemas de siembra, donde los mayores valores para esta variable se encontraron en los sistemas SRI1 y SRI2 en relación a los demás sistemas de siembra (TRA y VOL).

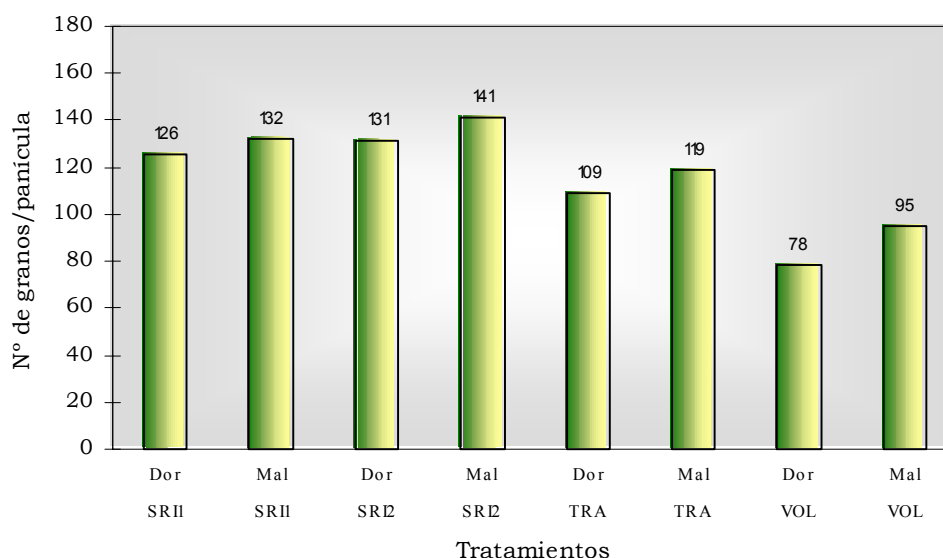


Figura 9. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación al número de granos por panículas.

Peso de mil granos

El peso de los granos es una característica varietal determinada en gran parte por el tamaño de la cáscara. Según Pérez *et al*, (1985) el peso del grano es el componente más determinante en el rendimiento de grano.

El peso de mil granos es un carácter muy estable en buenas condiciones del cultivo y depende fundamentalmente de la variedad; sin embargo un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor peso en el grano, los granos largos a extra largos son los que obtienen mayor peso de los cuales fluctúan entre 25 y 35 gramos (López, 1991).

En presente estudio al realizar el análisis estadístico para los sistemas, no se encontró diferencias estadísticas entre sí; sin embargo, en el caso de las variedades si se encontró diferencias estadísticas significativas, donde la variedad INTA-Malacatoya se diferenció de INTA-Dorado, ya que los promedios los pesos en gramos oscilaron entre 30.1 y 27.1 respectivamente.

Al igual que en las variables altura de planta y porcentaje de fertilidad de espiguillas, el peso de 1000 granos coincidió con un estudio realizado por García (1992); quien encontró que las densidades de siembra aparentemente no influyen en el mismo, aunque el grano menos pesado lo obtuvo cuando hizo uso del transplante.

En la figura 10, se aprecia el comportamiento de las variedades para esta variable. Donde los mejores valores de se alcanzaron en el sistema siembra al voleo (VOL).

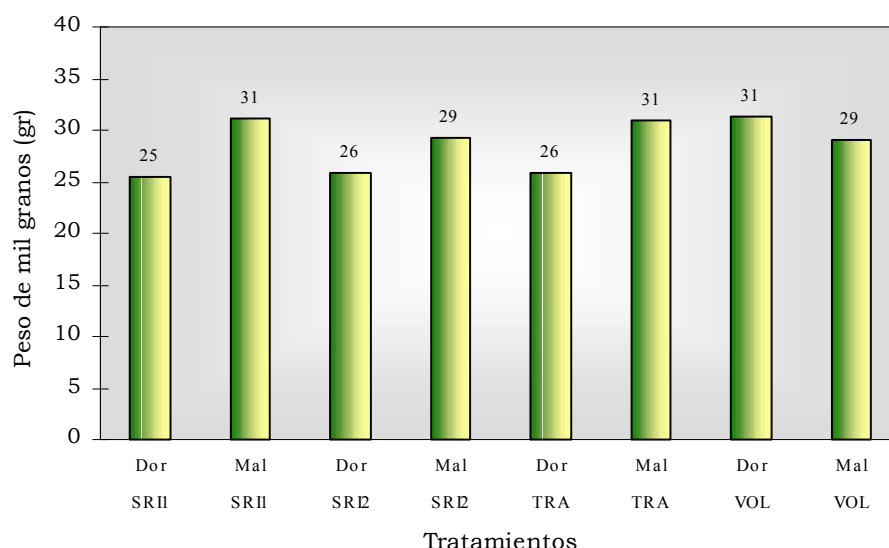


Figura 10. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el peso de mil granos.

Rendimiento (kg ha⁻¹)

La meta que generalmente cuenta en la producción del arroz es el rendimiento en grano. El macollamiento efectivo por planta, el tamaño y peso de la panícula, son responsable en gran parte del rendimiento del cultivo de arroz. (FEDEARROZ, 2001).

La expresión del potencial de rendimiento de una variedad depende, en gran medida del manejo agronómico que se le dé; si éste es adecuado y las condiciones ambientales son favorables, esa expresión será máxima (Soto, 1990)

Un espaciamiento óptimo para un rendimiento máximo, depende de la variedad, fertilidad del suelo, niveles de fertilización y la época que se lleve a cabo el transplante (FEDEARROZ, 2001).

El análisis estadístico realizado, indicó que hubo diferencias estadísticas significativas entre los sistemas. Donde el rendimiento fue mayor en los sistemas que se realizó el transplante (SRI1, SRI2 y TRA). Sin embargo existieron algunas igualdades estadísticas donde el SRI1 no se diferenció estadísticamente del TRA, ya que presentaron promedios similares con 5,152 y 5,143 kg ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 18).

Cuadro 18. Valores medios de los diferentes lotes, y significancia estadística (Pr > F) en la variable Rendimiento kg ha⁻¹.

| Sistemas | Medias | SRI1 | SRI2 | TRA | VOL |
|-----------------|---------------|-------------|-------------|------------|------------|
| SRI1 | 5162 | | | | |
| SRI2 | 4502 | 0.048 | | | |
| TRA | 5144 | 0.951 | 0.054 | | |
| VOL | 3752 | 0.000 | 0.029 | 0.001 | 0 |

Si Pr ≤ 0.05 es significativo (α=0.05).
SRI1= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)
SRI2= siembra por transplante (0.50 x 0.50 m)
TRA= siembra por transplante (0.25 x 0.25 m)
VOL= siembra al voleo (129.kg ha⁻¹)

En la Figura 11, se puede observar que las variedades en los sistemas SRI1 y SRI2 presentaron comportamiento similar al TRA; sin embargo los rendimientos de las mismas en los sistemas de transplante (SRI1, SRI2 y TRA) superan al sistema de siembra por voleo (VOL), de igual manera se puede apreciar que INTA-Dorado en el sistema de transplante tradicional (TRA) obtuvo el valor más alto en comparación con los demás tratamientos, alcanzando 5,730 kg ha⁻¹, seguido por el tratamiento INTA-Malacatoya del SRI1 con 5,377 kg ha⁻¹.

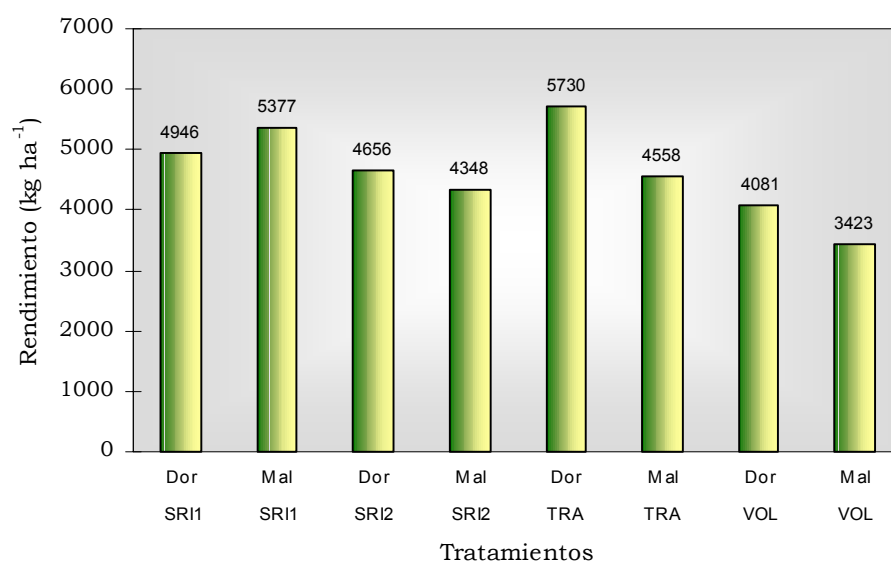


Figura 11. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación con el rendimiento (kg ha⁻¹)

3.2.2 Evaluación de enfermedades

Pyricularia

Dentro de los factores que más inciden en la producción y productividad de arroz están las enfermedades, siendo el añublo del arroz causado por el hongo *Pyricularia oryzae* Cav. Uno de los problemas fitosanitario más graves de este cultivo (Montoya, 1985).

La *Pyricularia oryzae* se desarrolla cuando las temperaturas oscilan entre 22° - 29° y se alcanzan elevadas humedades relativas en torno al 90%.

La enfermedad se presenta en toda la parte aérea de la planta, pero la infección en la panícula es la responsable de la pérdida en rendimientos pues afecta directamente la formación y peso de los granos provocando daños conforme a la intensidad del ataque o estado en que la panícula es atacada (Prabhu *et al*, 1978).

Al hacer el análisis descriptivo para esta variable en la etapa de crecimiento 5, se observó un bajo índice de incidencia en donde la mayoría de los tratamientos evaluados presentaron resistencia al ataque de este patógeno. No obstante existieron tratamientos que presentaron comportamiento diferente. Las variedades que se utilizaron en los sistemas SRI1 y SRI2, presentaron un bajo índice de incidencia, sin embargo la variedad INTA-Dorado del SRI2, tuvo un porcentaje de infección mayor. Según la escala del CIAT, ésta presentó un porcentaje de infección foliar menos del 5%.

Quizás el estrés de humedad al cual fue sometida la planta de arroz en ese sistema (SRI2) durante la fase del establecimiento del cultivo, pudo ser uno de los factores que influyeran en la incidencia de la enfermedad. Según Carrera (2001), los desequilibrios en humedad producen alteraciones fisiológicas en la planta, traducidas en aumentos de nitrógeno y proteína, reducción de almidones e incrementos de azúcares, lo que conduce a la presencia de un substrato fisiológico en el tejido muy favorable para la patogénesis del hongo.

Con relación al sistema de siembra al voleo (VOL), las variedades se comportaron de manera igual, entre sí. Ubicándose en la escala 3, según el sistema de evaluación estándar del CIAT, (1983), las cuales presentaron un índice de infección menor del 5% del área foliar (Figura 12).

En general, las dos variedades de arroz utilizado en los sistemas de siembra por transplante (SRI1, SRI2 y TRA), tuvieron mejor comportamiento en relación al sistema de siembra al voleo (VOL). Esto quizás se debió a la alta densidad de siembra, lo cual crea un ambiente adecuado para el desarrollo de la enfermedad, ya que el sombrero ejercido entre la población era mayor en relación a los demás sistema, provocando así, que los valores de humedad relativa se mantuvieran altos.

Según Carrera, (2001) la densidad de siembra debe de ser la adecuada según las características de porte, tipos de hojas y capacidad de macollamiento de la variedad. Se pretende la provisión de un ambiente inadecuado para el desarrollo de la enfermedad, sobre todo que se mantenga valores de humedad por debajo de los requeridos por el hongo. Además agrega que debe evitarse la producción exagerada de biomasa foliar que conduzca al mantenimiento de alta humedad relativa y largos periodos de rocío sobre el follaje.

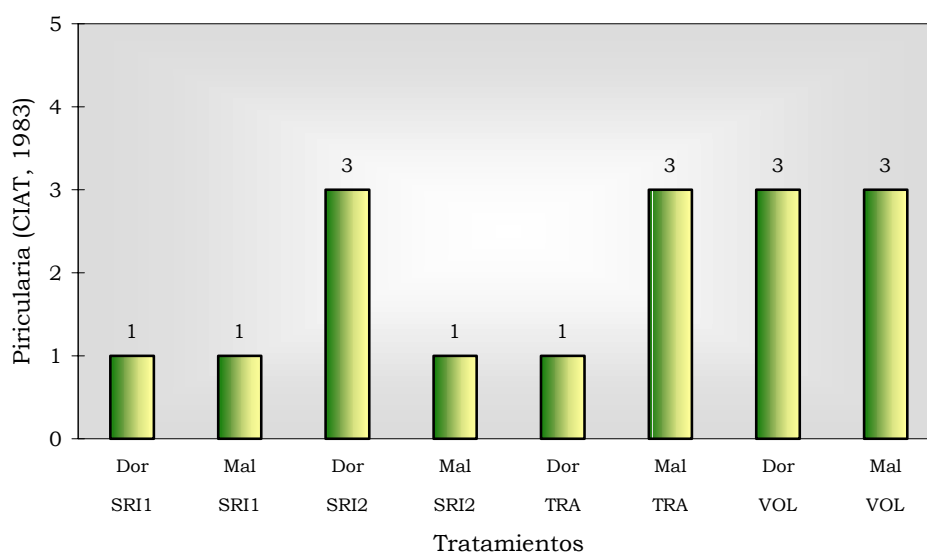


Figura 12. Comportamiento de las variedades en los diferentes sistemas de siembra en relación a la incidencia de Pyricularia.

Añublo de la vaina (SHB)

Con respecto a esta enfermedad las variedades evaluadas no presentaron incidencia alguna, en relación con los diferentes sistemas de siembra y manejo.

3.3. Análisis económico

En los cuadros 19 y 20, se presentan el análisis de dominancia, con el objetivo de identificar los mejores sistemas. De igual manera, en el cuadro 24 y 26 se muestra el análisis del presupuesto parcial de los tratamientos correspondiente a los diferentes sistemas de siembra.

Según el análisis de dominancia, sin incluir el costo de las bandejas solo dos sistemas fueron No Dominado. De igual manera ocurrió cuando se incluyó el costo, resultando los mismos sistemas, correspondiente a el sistema de siembra por transplante con una distancia de 0.50 x 0.50 m (SRI2) y el sistema de siembra de transplante tradicional (TRA) con una distancia de 0.25 x 0.25 m (Cuadro 21 y 22). Cabe indicar que los costos de bandejas sólo se incluyen en el primer año, ya que estos pueden ser utilizados en los siguientes años, por ser un producto de larga vida útil.

Según el CIMMYT (1988), un tratamiento es dominado cuando como resultado de un incremento en los costos, su empleo no conduce a un incremento en los beneficios netos. Del mismo modo, Asegura que es “dominado” porque al menos existe un tratamiento de menor o igual costo que genera mayores beneficios.

Cuadro 19. Análisis de dominancia de los sistemas estudiados (Sin incluir costo de bandejas).

| Sistemas | C.V | Beneficios Netos | Dominancia |
|------------------------|------------|-------------------------|-------------------|
| SRI₂ | 3,906.48 | 24,235.06 | ND |
| TRA | 4,548.41 | 27,604.63 | ND |
| VOL | 4,648.36 | 18,803.29 | D |
| VOL - S | 4,885.90 | 18,565.75 | D |
| SRI₁ | 4,944.21 | 27,321.61 | D |

| Sistemas | C.V | Beneficios Netos | TRM |
|------------------------|------------|-------------------------|------------|
| SRI₂ | 3,906.48 | 24,235.06 | |
| TRA | 4,548.41 | 27,604.63 | 5.25 |

C. V = Costos Variables, TRM= Tasa de Retorno Marginal

SRI₁= Sistema de intensificación (0.25 x 0.25 m)

SRI₂= Sistema de intensificación de arroz (0.50 x 0.50 m)

TRA= Sistema de Transplante tradicional (0.25 x 0.25 m)

VOL= Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado manual

VOL – S ="Supuesto" Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado ~ máquina.

Cuadro 20. Análisis de presupuesto parcial para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra (Sin incluir costo de bandejas).

| Componentes | SRI₁ | SRI₂ | TRA | VOL | VOL -S |
|---|------------------------|------------------------|------------|------------|---------------|
| Rendimientos kg/ha | 5161.7 | 4,501.93 | 5,143.66 | 3,751.66 | 3,751.66 |
| Precio de campo (C\$ kg ⁻¹) | 6.50 | 6.50 | 6.50 | 6.50 | 6.50 |
| Rendimiento ajustado (5%) | 4,903.62 | 4,276.83 | 4886.48 | 3564.08 | 3564.08 |
| Beneficio bruto | 32,265.82 | 28,141.54 | 32,153.04 | 23,451.65 | 23,451.65 |
| Beneficio Neto | 27,321.61 | 24,235.05 | 27,604.63 | 18,803.29 | 18,565.75 |

SRI₁= Sistema de intensificación (0.25 x 0.25 m)

SRI₂= Sistema de intensificación de arroz (0.50 x 0.50 m)

TRA= Sistema de Transplante tradicional (0.25 x 0.25 m)

VOL= Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado manual

VOL – S =Sistema de siembra al voleo "Supuesto" (129 kg ha⁻¹) – Cosechado ~ Máquina.

Cuadro 21. Análisis de dominancia de los sistemas estudiados (incluyendo costo de bandejas).

| Sistemas | C.V | Beneficios Netos | Dominancia |
|------------------------|------------|-------------------------|-------------------|
| SRI₂ | 4,644.78 | 23,496.76 | ND |
| VOL | 4,648.36 | 18,803.29 | D |
| VOL-S | 4,885.90 | 18,565.75 | D |
| TRA | 5,832.41 | 26,320.63 | ND |
| SRI₁ | 6,228.21 | 26,037.61 | D |

| Sistemas | C.V | Beneficios Netos | TRM |
|------------------------|------------|-------------------------|------------|
| SRI₂ | 4,644.78 | 23,496.76 | |
| TRA | 5,832.41 | 26,320.63 | 2.37 |

C. V = Costos Variables, TRM= Tasa de Retorno Marginal

SRI₁= Sistema de intensificación (0.25 x 0.25 m)

SRI₂= Sistema de intensificación de arroz (0.50 x 0.50 m)

TRA= Sistema de Transplante tradicional (0.25 x 0.25 m)

VOL= Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado manual

VOL – S =”Supuesto” Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado ~ máquina.

Cuadro 22. Análisis de presupuesto parcial para la siembra de una hectárea en los diferentes sistemas de siembra (Incluyendo costo de bandejas).

| Componentes | SRI₁ | SRI₂ | TRA | VOL | VOL -S |
|---|------------------------|------------------------|------------|------------|---------------|
| Rendimientos kg/ha | 5161.7 | 4,501.93 | 5,143.66 | 3,751.66 | 3,751.66 |
| Precio de campo (C\$ kg ⁻¹) | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
| Rendimiento ajustado (5%) | 4,903.62 | 4,276.83 | 4886.48 | 3564.08 | 3564.08 |
| Beneficio bruto | 32,265.82 | 28,141.54 | 32,153.04 | 23,451.65 | 23,451.65 |
| Beneficio Neto | 27,321.61 | 24,235.05 | 27,604.63 | 18,803.29 | 18,565.75 |

SRI₁= Sistema de intensificación (0.25 x 0.25 m)

SRI₂= Sistema de intensificación de arroz (0.50 x 0.50 m)

TRA= Sistema de Transplante tradicional (0.25 x 0.25 m)

VOL= Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado manual

VOL – S =Sistema de siembra al voleo “Supuesto” (129 kg ha⁻¹) – Cosechado ~ máquina.

IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación sobre los diferentes sistemas de siembra, se considera lo siguiente:

- Se pudo apreciar que el comportamiento que presentaron las variedades INTA-Dorado e INTA-Malacatoya en el sistema de intensificación de arroz (SRI) durante la fase de desarrollo vegetativo (vigor, habilidad de macollamiento, altura), y en algunas variables de rendimientos (fertilidad de tallos, número de panículas por plantas, número de granos por panícula y longitud de panícula) fue mejor en comparación a los demás sistemas
- INTA- Malacatoya presentó mejor comportamiento en relación con algunas variables de rendimiento tales como: Número de panículas por plantas, Número de granos por panícula, así como también en la Habilidad de macollamiento. Sin embargo, en la variedad INTA-Dorado, se obtuvieron los mejores resultados en relación con el Porcentaje de fertilidad de panículas y Rendimiento.
- El sistema que mayor índice de infección de enfermedad en relación con Piricularia (*Pyricularia oryzae*), fue el sistema de siembra al voleo, no así para los demás sistemas de siembra, donde la misma fue mínima.
- En los sistemas de transplante se obtuvieron los más altos valores en rendimiento de grano; sin embargo, desde el punto de vista económico solo el sistema de transplante tradicional (TRA) es rentable por ser un sistema “no dominado”.

V. RECOMENDACIONES

Hacer uso del sistema de Intensificación de arroz (SRI) para la multiplicación o regeneración de semilla básica, registrada o certificada.

Darle seguimiento a dicho sistema (SRI), con el fin de enriquecer y adquirir nuevas técnicas y conocimientos que den como resultados la disminución en los costos de producción y un incremento en los rendimientos.

Establecer evaluaciones del Sistema de Intensificación de Arroz (SRI) en diferentes épocas del año.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Agro-síntesis.** 2000. Información Regional. Piura On line. Experiencia Madagascar. Septiembre.5 p.
- Angladette, A.** 1975. El Arroz. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Editorial Blume. Barcelona, España. 864 p.
- Berkelaar, D.** 2001. ECHO Notas de Desarrollo SRI, el sistema para la Intensificación del arroz: "Menos puede ser más". EDN. Abril. Vol. 70. p. 1-6.
- Bird, W. F. y Soto, S.** 1991. El cultivo del arroz en Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Investigación en Granos Básicos. 45 p
- Cardoza, I. E. Gonzáles.** 2004. Evaluación y prueba de rendimientos de catorce líneas promisorias y dos variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego en el valle de Sébaco, Matagalpa. Primera 2003. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 35 p.
- Carrera, M.** 2001. Oficina del Arroz Reconocimiento y manejo de las principales enfermedades de arroz en Costa Rica. Primera edición. 80 p
- Chamorro, P.F.** 2001. Producción de arrocera estable. La Prensa. No. 22527.
- Chavarría, G. I.** 2000. Prueba avanzada de rendimiento de trece cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de anegamiento y secano. Tesis Ing. MSc. Universidad Nacional Agraria, (UNA). Managua, Nicaragua. Universidad Autónoma de Barcelona, España. 58 p.
- CIAT.** 1983. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Componentes del rendimiento. Auxiliar didáctico N° 001. Cali, Colombia. 19 p.

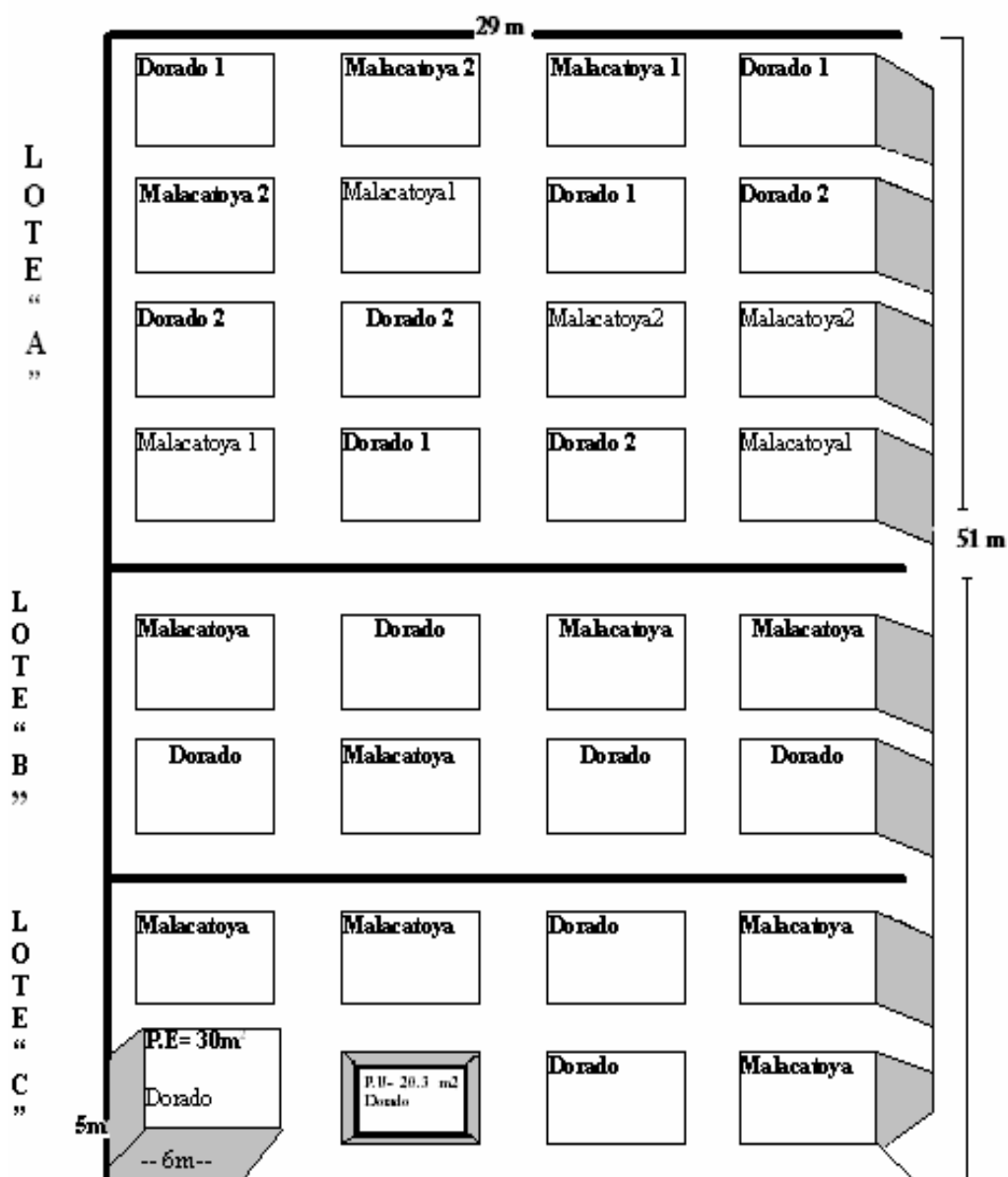
- CIMMYT**, 1988. La formulación y recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Edición Completamente Revisada. México, D. F. p. 20-30.
- Cockran, G. y W. Cox.** 1983. Diseños Experimentales. Editorial Trillas, México. Septiembre. Primera edición en español. Octava reimpresión. 660 p.
- De Datta, S. K.** 1986. Producción de Arroz. Fundamentos Prácticos. Editorial Limusa. Primera edición. D.F. México. 690 p.
- FEDEARROZ.** 2001. Densidad de plantas. "Factor clave para mejorar rendimientos". Sante Fe, Bogota, D. C. Colombia. Vol. 50 No. 430. INSS 0120 - 1441. (Ene - Feb). 29 p.
- García, E.** 1992. Incidencia de las prácticas culturales en la arquitectura de la planta de arroz. Arroz. Bogotá, Colombia. Vol. 41 No. (377) p.12-17.
- González, L.** 2003. La prensa. Suplementos comerciales.
- INETER,** 2004. Datos climatológicos del municipio El Horno, Matagalpa, Nicaragua. 2 p.
- Jennings, P. R.** 1985. Mejoramiento del arroz. Arroz: investigación y Producción. Referencias de los cursos de capacitación sobre arroz dictado por el CIAT, Cali, Colombia. p. 205 - 231.
- Jennings, P. R., Coffman, W. R. y H. Kanffman.** 1981. Mejoramiento Genético de las Características Agronómicas y Morfológicas del Arroz. CIAT, Cali. 124 p.
- Laboratorio Químico, S.A (LAQUISA).** 2002. León, Nicaragua. sp.
- Leal, M. V. Degiovanni.** 1993. Efecto de la densidad en secano mecanizado de siembra y de la fertilización nitrogenada en el volcamiento del arroz. Arroz. Bogota, Colombia. Vol.42 No. (383). p. 22-28.
- López B, L.** 1991. Cultivos herbáceos. Cereales 1^{era}. Edición Barcelona, España.

- MAG-FOR.**1998. Agricultura y Desarrollo. El cultivo alimenticio más importante del mundo: El Arroz. Nicaragua. No (42).13 p.
- Montoya, C.** 1985. “Perdida en rendimiento causada por Pyricularia en la Variedad de arroz CICA-8 bajo condiciones simuladas de secano favorecido y parámetros epidemiológicos para evaluar los niveles de infección”. Arroz. Bogota, Colombia. V. 34 N. (339). p.15 – 28.
- Orozco, M. J. Gonzáles.**1983. “Comportamiento de seis variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) Bajo diferentes sistemas de siembra en suelo salino – sódico”. Arroz. Bogotá, Colombia. Vol. 32 No. (326). p. 7-11.
- Prabhu, A.S Feria. J. C. y Zimmerman, F. J. 1978.** In International Congress of Plant Pathology 3. Muchen, Aug.
- SAS Institute.** 2001. V.8
- Somarriba, C.** 1998. Granos básicos. Arroz. Universidad Nacional Agraria.49 p.
- Soto.**1990. Arroz de las Américas. Boletín informativo del programa de arroz CIAT. Control de Malezas en Nicaragua. Vol. 11, N (1). p. 7.
- Tascon, E.** 1998. Arroz de las Américas. ¿Se puede producir arroz económicamente? CIAT. Agosto. Vol. 9 No. (1). 12 p.
- Tobón, J.** 1986. La investigación agrícola de cultivos asociados en Colombia. In. V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno. Perú. p.256-266.
- Ulloa, S.A.** 1996. Estudio del comportamiento de nueve líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.) en comparación con dos variedades comerciales en el agroecosistema de secano favorecido. Tesis (Ing. Agr.) Universidad Nacional Agraria (UNA). 40 p.
- Zavala, M. I. Ojeda, L. R.** 1988. Fitotecnia especial. Tomo 1. Editorial Puebla y Educación. Habana, Cuba. 237 p.
- Zeledón, R. P.** 1993. Estudio de observación de 112 líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) Tesis Ing. Agr: UNA. Managua, Nicaragua. 34 p.

Infoagro. 2002. El cultivo de arroz. www.infoagro.com. 7 p.

Anexos

Figura 1A. Esquema del experimento y tratamientos evaluados en la Comunidad El Horno, Darío (Matagalpa).



| Lote "A" | | Lote B | Lote C |
|-----------------|------------------------|----------------------------------|---|
| Dorado 1 | (SRI1)= 0.25 x 0.25 m | | Dorado (VOL) = 129 kg ha ⁻¹ |
| Malacatoya 1 | (SRI1) = 0.25 x 0.25 m | Dorado (TRA) = 0.25 x 0.25 m | Malacatoya (VOL)= 129 kg ha ⁻¹ |
| Dorado 2 | (SRI2) = 0.50 x 0.50 m | Malacatoya (TRA) = 0.25 x 0.25 m | |
| Malacatoya 2 | (SRI2) = 0.50 x 0.50 m | | |

Cuadro 1A. Costos variables para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra. (En córdobas, sin incluir costo de bandejas)

| Concepto | SRI1 | SRI2 | TRA | VOL | VOL-S |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Semilla | 54.38 | 40.44 | 54.38 | 1005.12 | 1005.12 |
| Siembra | | | | | |
| * Mano de obra | 1280.90 | 960.71 | 1,280.90 | 32.02 | 32.02 |
| Pajareo | - | - | - | 270.00 | 270.00 |
| Riego (Energía Eléctrica) | 746.75 | 746.75 | 1,493.50 | 1,493.50 | 1,493.50 |
| Mano de obra | 45.00 | 45.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 |
| Control de maleza | | | | | |
| * Herbicidas | | | | | |
| - Ally | - | - | 111.97 | 111.97 | 111.97 |
| - Clincher | | | 877.19 | 877.19 | 877.19 |
| - Aplicación (M. O) | | | 128.09 | 128.09 | 1228.09 |
| * Manual | 2,305.7 | 1,729.30 | - | - | - |
| Cosecha | | | | | |
| Corte | 512.38 | 384.28 | 512.38 | 640.47 | 878.1 |
| Total - C V | 4,944.21 | 3,906.48 | 4,548.41 | 4,648.36 | 4,885.90 |

SRI₁= Sistema de intensificación (0.25 x 0.25 cm)

SRI₂= Sistema de intensificación de arroz (0.50 x 0.50 m)

TRA= Sistema de Transplante tradicional (0.25 x 0.25 m)

VOL= Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado manual

VOL – S =Sistema de siembra al voleo (129 kg ha⁻¹) – Cosechado ~ máquina.

Cuadro 2A. Costos variables para la siembra de una hectárea de los diferentes sistemas de siembra. (En córdobas, Incluyendo costo de bandejas)

| Concepto | SRI1 | SRI2 | TRA | VOL | VOL-S |
|---------------------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|
| Bandejas (almacigo) | 1,284.00 | 738.30 | 1,284.00 | - | - |
| Semilla | 54.38 | 40.44 | 54.38 | 1005.12 | 1005.12 |
| Siembra | | | | | |
| * Mano de obra | 1280.90 | 960.71 | 1,280.90 | 32.02 | 32.02 |
| Pajareo | - | - | - | 270.00 | 270.00 |
| Riego (Energía Eléctrica) | 746.75 | 746.75 | 1,493.50 | 1,493.50 | 1,493.50 |
| Mano de obra | 45.00 | 45.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 |
| Control de maleza | | | | | |
| * Herbicidas | | | | | |
| - Ally | - | - | 111.97 | 111.97 | 111.97 |
| - Clincher | | | 877.19 | 877.19 | 877.19 |

| | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| - Aplicación (M. O) | | | 128.09 | 128.09 | 1228.09 |
| * Manual | 2,305.7 | 1,729.30 | - | - | - |
| Cosecha | | | | | |
| Corte | 512.38 | 384.28 | 512.38 | 640.47 | 878.1 |
| Total - C V | 6,228.21 | 4,644.78 | 5,832.41 | 4,648.36 | 4,885.90 |

SRI₁= Sistema de intensificación (0.25 x 0.25 m)

SRI₂= Sistema de intensificación de arroz (0.50 x 0.50 m)

TRA= Sistema de Transplante tradicional (0.25 x 0.25 m)

VOL= Sistema de siembra al voleo (129.02 kg ha⁻¹) – Cosechado manual

VOL – S =Sistema de siembra al voleo (129.02 kg ha⁻¹) – Cosechado ~ máquina.