

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA INTENSIVO DE CULTIVO ARROCERO (SICA) EN  
EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN TOLIMA**



**JORGE ORLANDO ACOSTA BUITRAGO**

**DOCENTE**

**LAGUANDIO BANDA SANCHEZ**

**DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**2011**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA INTENSIVO DE CULTIVO ARROCERO (SICA) EN  
EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN TOLIMA**

**JORGE ORLANDO ACOSTA BUITRAGO**

**CODIGO 160206202**

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL  
TITULO DE INGENIERO AGRONOMO**

**DOCENTE**

**LAGUANDIO BANDA SANCHEZ I.A. M.Sc.**

**DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**2011**

**Nota de aceptación**

---

**Director: LAGUANDIO BANDA SANCHEZ  
M.Sc**

**JURADOS:**

**Ing. Agro. Arlette Ivonne Gil MSc**

---

**Ing. Agro. Juan Manuel Arrieta MSc**

---

**Ing. Agro Carlos García**

---

**DIRECTOR DE PROGRAMA INGENIERIA AGRONOMICA**

## DEDICATORIA

*Dios, padre mío y guía de mi alma, te dedico este arduo trabajo confiando en vos para que me permitas difundir los beneficios que esta investigación pueda generar para el bien de la humanidad y el propio.*

*María Policarpa y Jorge Ignacio, padres míos, les dedico este trabajo para que sepan que aquí tienen un tercer profesional en la familia, un ser consciente de sus capacidades y de lo que puede lograr con su vida. Otro orgullo más, otro ser humano que ha crecido bajo el amparo de su saberes.*

*Yohana Carolina y Paula Janyn, hermanas mías, este trabajo también es suyo, se los dedico por que las amo y las quiero orgullosas de mí siempre.*

*A mi futuro hija(o) pues aunque no sé si vallas a nacer, quisiera que leas esto en un futuro y sepas que pienso en ti todos y cada uno de los días de mi vida.*

*A mi maestro en muchos aspectos de mi vida, el ingeniero agrónomo Alejandro Alcázar, pues fuiste tú maestro, quien planto en mí la idea de volver realidad estadísticamente el SICA y juntos sentar las bases científicas de este sistema por primera vez en Colombia.*

*A Diego Rodríguez quien es la persona que económicamente creyó por primera vez en el SICA en Colombia.*

*Al doctor Norman Uphoff por darle difusión mundial a este trabajo*

*A mi perro guardián Wallace, quien desde los cielos perrunos me protegió para que nada me pasara aun en los momentos más críticos de mi vida.*

*A la persona que hoy me ha brindado su amor, comprensión y su ser, Yenny, te dedico este trabajo por ser la mujer que me ha dado la mano cuando más lo necesitaba.*

*A los creyentes en la agroecología y la vida de los suelos pues he aquí un sistema que puede representar el desarrollo rural y la sostenibilidad del ambiente que tanto se habla pero poco se realiza.*

*Finalmente a la madre naturaleza, pues he aquí un individuo que ama la vida y que como tal quiere seguir viviendo bajo tu manto.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme terminar esta odisea, pues parecía inalcanzable pero con tu sabiduría y maravillosas personas que me pusiste en el camino, lo he logrado.

A mis padres María Policarpa Buitrago Ruiz y Jorge Ignacio Acosta Merchán, por ser mis financiadores totales en esta investigación.

Al ingeniero Alejandro Alcázar pues sin su sabiduría y su consistencia en el trabajo agroecológico de hechos, no habría sido posible esta experiencia.

Al CIIFAD y al doctor Norman Uphoff por brindarme la información científica necesaria así como un espacio en web donde ser reconocido.

A mi director de Trabajo de Grado Laguandio Banda, quien creyó en mi desde un principio y nunca dudo de la viabilidad de la investigación.

A Don Hermes García por haber cuidado los experimentos como si fuesen suyos.

A Don William Padilla por su gran experiencia en el manejo convencional del arroz y el haberme compartido sus conocimientos.

A Gabriel Porras, Catalina Bejarano y Johana Borda, compañeros universitarios que me acompañaron en algún instante del camino.

A la ingeniera Yenny Gamba por su diligencia, amistad y contactos.

A Fedearroz en especial al ingeniero Ricardo Perafan quien me facilito el acceso a los datos meteorológicos y al laboratorio de calidad del grano.

Al laboratorista de la UDEC Alberto Suarez por su diligencia en los laboratorios.

Al ingeniero Edgar Benítez por su colaboración en el análisis estadístico.

A mis jurados, los ingenieros Arlette Gil y Juan Manuel Arrieta por sus valiosas sugerencias, aportes y paciencia.

A mis amigos Yenny Lara, Zulma Duran, Sara Lara, Eliana Castillo, Nubia Rodríguez, Miriam Martínez, Katherine Rodríguez, Eduardo Gonzales, Gilberto Pedraza, Josef Acero, Leonardo Sanabria, Rodrigo Cruz, Víctor Martínez por apoyarme cuando más lo necesite.

A la doctora Julia, por guiarme en la noche más difícil de mi vida.

A Zeus, Muñeca y Lola por alegrarme la vida con sus disparates caninos.

A todos los docentes de la Universidad de Cundinamarca así como de la Universidad Nacional de Colombia que me brindaron sus conocimientos.

GRACIAS INFINITAS.

## **ADVERTENCIAS**

ESTE TRABAJO DE GRADO

### **EVALUACIÓN DEL SISTEMA INTENSIVO DE CULTIVO ARROCERO (SICA) EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN TOLIMA**

Es de la autoría de JORGE ORLANDO ACOSTA BUITRAGO a excepción de las citas y referencias que se han empleado para fundamentar las argumentaciones que se realizaron, a las que se ha dado crédito a sus autores, claro está que fue sujeto a la aprobación del comité de trabajos de grado de la Universidad de Cundinamarca para su realización y a la aprobación de los jurados Arlette Ivonne Gil y Juan Manuel Arrieta en todo su desarrollo y finalización con las sugerencias del Ingeniero Agrónomo Alejandro Alcázar y dirección del M.Sc. Laguandio Banda Sánchez Así mismo, se afirma que este trabajo no ha sido presentado previamente, con este o con algún otro nombre, para la obtención de otro título profesional o grado académico equivalente”.

Firmas:

---

JORGE ORLANDO ACOSTA BUITRAGO

## INDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	1
Abstract .....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	6
<i>Capítulo 1</i>	
1. Marco referencial.....	7
1.1.el sistema SICA (sistema intensivo del cultivo de arroz).....	7
1.2.practicas que caracterizan el sistema SICA .....	7
1.3.aspectos de importancia del SICA .....	8
1.3.1. productividad en SICA versus convencional .....	8
1.3.2. la naturaleza biológica del sistema y sus implicaciones .....	10
1.3.3. la mano de obra en el SICA .....	11
1.4.taxonomía del arroz .....	12
1.4.1. género <i>oryza</i> .....	12
1.4.2. Generalidades de la variedad de arroz tipo indica F733 .....	13
<i>Capítulo 2</i>	
2. Materiales y métodos .....	14
2.1.Localización Geográfica. ....	14
2.2.Manejo agronómico del experimento .....	14
2.2.1 Maquinaria especializada para el sistema SICA.....	14
2.2.1.1 Desmalezadores mecánicos.....	14
2.2.1.2 Minirotovators .....	16
2.2.2. Procedimiento de establecimiento del experimento en campo .....	19
2.2.2.1. Siembra y establecimiento del abono verde .....	19
2.2.2.2. Preparación del abono orgánico.....	19
2.2.2.3. Inoculación de microorganismos en el suelo .....	20
2.2.2.4. Preparación del lote.....	20

2.3. Procedimientos en laboratorio.....	21
2.4. Diseño experimental.....	25
2.4.1. Tipo.....	25
2.4.2 Tratamientos.....	25
2.5. Análisis estadístico.....	26
2.6. Variables evaluadas .....	26
2.6.1 Arvenses.....	26
2.6.1.1. Cobertura %.....	27
2.6.1.2. Frecuencia.....	28
2.6.1.3. Densidad de las especies .....	28
2.6.1.4. Toma y frecuencia de muestreos de arvenses.....	29
2.6.2. Parámetros morfo-agronómicos.....	29
2.6.3. Componentes del rendimiento.....	30
2.6.4. Rendimiento.....	30
2.6.5. Medición de la fuerza resistencia al arranque en las plantas de arroz .....	30
2.7. Condiciones climáticas en la zona experimental. ....	31
2.7.1. Variables climáticas registradas .....	31
2.7.1.1. Temperatura. ....	32
2.7.1.2. Energía solar .....	34
2.7.1.3. Humedad relativa .....	36
2.7.1.4. Precipitación .....	37
2.7.1.5. Velocidad del viento .....	38

### Capítulo 3

3. Resultados y discusión .....	39
3.1. Arvenses e importancia agronómica .....	39
3.2. Comparación de las poblaciones de arvenses según unidades de cobertura del arroz, cobertura de arvenses, densidad de arvenses y frecuencia de arvenses bajo diferentes manejos agrónomos .....	40
3.2.1. Cobertura del arroz variedad F733 .....	40
3.2.2. Cobertura y densidad de arvenses en relación a los estados fenológicos a los 11, 26, 41 y 58 DDT.....	43
3.3. Frecuencia de arvenses en los diferentes tratamientos a los 11, 26, 41, 58 y 69 DDT.....	48
3.4. Análisis de los factores de rendimiento y variables morfo-agronómicas .....	50
3.4.1. Número de macollas por planta .....	50
3.4.2. Número de macollas fértiles por planta .....	51
3.4.3. Número de granos por espiga .....	53
3.4.4. Peso de 1000 granos .....	54
3.4.5. Biomasa radical .....	55
3.4.6. Biomasa aérea .....	56
3.4.7. Biomasa total .....	57
3.4.8. Correlación de las variables analizadas con el rendimiento .....	59
3.5. Rendimientos de la variedad de arroz F733 bajo el sistema SICA comparado con los rendimientos de sistemas convencionales .....	60
3.6. Parámetros de calidad del grano de arroz producido en el sistema SICA en los diferentes manejos agronómicos: orgánico, mixto, químico y en el sistema convencional.....	64
3.7. Proceso metodológico de siembra SICA propuesta por ACOSTA para el control adecuado de las poblaciones de arvenses que interactúan con el cultivo del arroz .....	69
3.8. Ahorro de semilla. ....	73
3.9. Medición de la resistencia al arranque .....	73
3.10. Relación beneficio/costo .....	74

*Capítulo 4*

4. Conclusiones .....	76
5. Recomendaciones .....	77

*Epilogo*

Referencias bibliográficas .....	78
Anexos .....	83

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Georeferenciación del experimento. Foto Google Earth 2010 Y adaptado por Acosta 2011. ....	14
<b>Figura 2.</b> Desmalezadores mecánicos construidos en Colombia. Foto Acosta 2010. ....	15
<b>Figura 3.</b> Modelo de base para la construcción de los desmalezadores mecánicos desarrollado en Madagascar. Foto Norman Uphoff. ....	15
<b>Figura 4.</b> Operario con gran cantidad de arvenses resultado del desyerbe mecánico. Foto Acosta 2010. ....	16
<b>Figura 5.</b> Prueba de la maquina bajo diferentes niveles de humedad en el suelo. Foto Acosta 2010. ....	16
<b>Figura 6.</b> Minirotovalor Mantis con motor Honda de 1,5 HP. Foto Acosta 2010. ....	17
<b>Figura 7.</b> Izquierda, accesorio original, Derecha, accesorio adaptado con cuchillas acopladas por el ingeniero agrónomo Alejandro Alcázar (2010). Foto Acosta 2010. ....	17
<b>Figura 8.</b> Izquierda rotovalor sin el acople, Derecha rotovalor con acople y cuchillas. Foto Acosta 2010. ....	18
<b>Figura 9.</b> Labor del mini rotor 15 días después del pase mecánico entre líneas de arroz Foto Acosta 2010. ....	18
<b>Figura 10.</b> Frijol Caupi listo para ser incorporado al suelo. Foto Acosta 2010. ....	19
<b>Figura 11.</b> Preparación de unidades experimentales en Fangueo del suelo. Foto Acosta 2010. ....	21
<b>Figura 12.</b> Ingreso del arroz paddy al proceso de análisis de calidad. Foto Acosta 2010. ....	22
<b>Figura 13.</b> Medición del % de humedad de las muestras. Foto Acosta 2010. ....	22
<b>Figura 14.</b> Clasificación y pesaje de las muestras, 100 gr por cada una. Foto Acosta 2010. ....	23
<b>Figura 15.</b> Trillada y obtención de muestras de arroz integral. Foto Acosta 2010. ....	23
<b>Figura 16.</b> Detalle del arroz integral mezclado con arroz rojo. Foto Acosta 2010. ....	24
<b>Figura 17.</b> Detalle del arroz blanco, excelso de 4 tratamientos agronómicos. Foto Acosta 2010. ....	24
<b>Figura 18.</b> Cuadrado en material PVC, dimensiones de 50cm*50cm y divisiones de 10cm*10cm con cuerda sintética. Foto Acosta 2010. ....	27
<b>Figura 19.</b> Puntos (16) en los cuales se realizó la medición de la cobertura tanto de arroz como de arvenses. Foto Acosta 2010. ....	27
<b>Figura 20.</b> Medición de la densidad en los cuadrantes 6, 12 y 25. Foto Acosta 2010. ....	28

<b>Figura 21.</b> Temperaturas registradas en grados (C) para la zona de Saldaña y Purificación en el segundo semestre del 2010. .....	32
<b>Figura 22.</b> Plantas de arroz del cultivo rodeante al ensayo SICA afectadas por vaneamiento y enfermedad del añublo de la panícula. (Acosta 2010).....	33
<b>Figura 23.</b> Plantas de arroz del tratamiento SICA Orgánico sin afección por el añublo bacterial de la panícula (Acosta 2010).....	33
<b>Figura 24.</b> Epoca critica para la recepcion de luz.....	35
<b>Figura 25.</b> Energia Solar acumulada la por periodos de agosto a diciembre del 2010. ....	35
<b>Figura 26.</b> Humedad relativa registrada para los meses de agosto a diciembre del 2010. ....	36
<b>Figura 27.</b> Precipitacion acumulada para los meses de agosto a diciembre del 2010. ....	37
<b>Figura 28.</b> Velocidad del viento registrado para los meses de agosto a diciembre del 2010. ....	38
<b>Figura 29.</b> Porcentajes de cobertura del suelo por parte del arroz bajo diferentes tratamientos en el estado fenológico de Inicio de primordio. .....	41
<b>Figura 30.</b> Porcentajes de cobertura del suelo por parte del arroz bajo diferentes tratamientos en el estado fenológico de la Floración. ....	42
<b>Figura 31.</b> Cobertura de arvenses a los 11 (INI MAC), 26 (CRE), 41 (MAX CRE) y 58 (INI PRI) bajo difrentes tratamientos .....	43
<b>Figura 32.</b> densidad de arvenses a los 11 (INI MAC), 26 (CRE), 41 (MAX CRE) y 58 (INI PRI) bajo difrentes tratamientos.....	46
<b>Figura 33.</b> Frecuencias para las malezas <i>Fimbristylis miliacea</i> , <i>Eclipata alba</i> y <i>Setaria viridis</i> a través del tiempo .....	49
<b>Figura 34.</b> Número de macollas por planta discriminado por grupos según test DMS. ....	50
<b>Figura 35.</b> Número de macollas fértiles por planta discriminado por grupos según test DMS.....	51
<b>Figura 36.</b> Número de granos por espiga con agrupación según prueba DMS .....	53
<b>Figura 37.</b> Peso de 1000 granos con agrupación según test DMS .....	54
<b>Figura 38.</b> Biomasa radical por metro cuadrado expresada en gramos con agrupaciones según test DMS. ....	55
<b>Figura 39.</b> Biomasa aérea por metro cuadrado con agrupación según test DMS. .....	56
<b>Figura 40.</b> Biomasa total expresada en gramos por metro cuadrado con agrupación según test .....	57
<b>Figura 41.</b> Proyección anual de biomasa incorporable al suelo. .....	58
<b>Figura 42.</b> Rendimiento en toneladas por hectárea de arroz paddy, discriminado por grupos y tratamientos. ....	60

<b>Figura 43.</b> Comparación del % de vaneamiento del arroz paddy en relación al rendimiento. ....	62
<b>Figura 44.</b> Presentación de hoja técnica de semilla certificada F733. ....	66
<b>Figura 45.</b> Bandejas plásticas para germinación a raíz desnuda con capacidad para 500 gr de semilla. Foto Acosta 2010.....	66
<b>Figura 46.</b> Proceso de selección de semilla por densidad. Foto Acosta 2010. ....	67
<b>Figura 47.</b> Semilla de primera calidad libre de granos vanos e impurezas. Foto Acosta 2010. ....	68
<b>Figura 48.</b> Presentaciones de microorganismos antagonistas e inoculación de semilla. Foto Acosta 2010. ....	68
<b>Figura 49.</b> Semilla germinada y lista para trasplante a campo. Foto Acosta 2010. ....	69
<b>Figura 50.</b> Presentación de microorganismos eficientes y bacterias para uso preventivo previo al trasplante. Foto Acosta 2010.....	69
<b>Figura 51.</b> Unidad experimental lista para iniciar el trasplante, nótese a la derecha la cuerda guía para los trasplantadores. Foto Acosta 2010. ....	70
<b>Figura 52.</b> Trasplantador en ejercicio, nótese la verificación y constante comunicación con el trabajador guía del extremo derecho, la coincidencia en las marcas es imprescindible. Foto Acosta 2010. ....	70
<b>Figura 53.</b> Alineación y disposición de la cuerda guía para los trasplantadores. Foto Acosta 2010. ....	71
<b>Figura 54.</b> Proceso de trasplante, nótese la verificación con las líneas anteriormente sembradas siempre coincidiendo con las cuerdas guía de los costados y la horizontal. Foto Acosta 2010. ....	71
<b>Figura 55.</b> Plántulas de arroz recién trasplantadas, distancia de 25 cm formando disposición de cuadrículas perfectas, nótese lo erectas y equidistantes entre estas. Foto Acosta 2010. ....	72
<b>Figura 56.</b> Dinamómetros de 10 y 20 Newton de capacidad Foto Acosta 2010. ....	73
<b>Figura 57.</b> Mediciones de la resistencia al arranque en diferentes tratamientos sin éxito. Foto Acosta 2010. ....	73
<b>Figura 58.</b> Barba de indio. Foto Acosta 2010. ....	106
<b>Figura 59.</b> Caminadora. Foto Acosta 2010. ....	106
<b>Figura 60.</b> Cola de zorro. Foto Acosta 2010. ....	107
<b>Figura 61.</b> Liendre Puerco. Foto Acosta 2010. ....	107
<b>Figura 62.</b> Palo de agua. Foto Acosta 2010. ....	108

<b>Figura 63.</b> Piña. Foto Acosta 2010. ....	108
<b>Figura 64.</b> Verdolaga. Foto Acosta 2010.....	109
<b>Figura 65.</b> Daño de <i>Hydrellia sp</i> .....	110
<b>Figura 66.</b> Dinámica de arvenses a los 11 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos .....	111
<b>Figura 67.</b> Dinámica de arvenses a los 26 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos. ....	111
<b>Figura 68.</b> Dinámica de arvenses a los 41 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos. ....	112
<b>Figura 69.</b> Dinámica de arvenses a los 58 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos. ....	112
<b>Figura 70.</b> Dinámica de arvenses a los 69 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamiento .....	113

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Nombre y descripción de tratamientos en la investigación.....	25
<b>Tabla 2.</b> Muestreos realizados quincenalmente, asociados a la fenología y la escala BBCH del cultivo del arroz. ....	29
<b>Tabla 3.</b> Arvenses asociadas al experimento. ....	39
<b>Tabla 4.</b> Análisis DMS para la cobertura del arroz en los estados fenológicos con diferencias significativas.....	45
<b>Tabla 5.</b> Análisis DMS para la densidad de arvenses en los diferentes estados fenológicos .....	47
<b>Tabla 6.</b> Biomasa no cosechada, expresada en gramos por metro cuadrado. ....	58
<b>Tabla 7.</b> Correlaciones entre las variables de rendimiento por metro cuadrado (MRGM) y las variables asociadas. Numero de macollas por planta (MNMP), número de macollas fértiles por planta (MNFP), numero de granos por espiga (MNGE), peso de 1000 granos (MPG), biomasa radical (MBR), biomasa aérea (MBA), biomasa total (MBT) .....	59
<b>Tabla 8.</b> Rendimientos promedio de la zona de Purificación, Saldaña, Guamo y Espinal. Fuente GARCES 2011 Ingeniero agrónomo de FEDEARROZ. ....	63
<b>Tabla 9.</b> Pruebas de calidad del grano. ....	64
<b>Tabla 10.</b> Relaciones beneficio/costo para los 4 tratamientos evaluados. ....	74

## Resumen

En esta investigación se evaluó por primera vez en Colombia, con la variedad mejorada de arroz F733, la productividad del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocerero SICA (un sistema diseñado para pequeños y medianos productores, fundamentado en prácticas agroecológicas y sustentado por millones de hectáreas en donde se produce arroz ecológico, disminuyendo el gasto de agua y mejorando los rendimientos a través del tiempo); implementado bajo 3 manejos agronómicos denominados orgánico, mixto y químico y se compararon con el sistema de siembra directa convencional; trabajo desarrollado en el municipio de Purificación (Tolima – Colombia) entre julio del 2010 y agosto del 2011. Se analizaron variables asociadas a la fisiología de la planta de arroz como el número de macollas fértiles por planta, número de granos por espiga y el peso de 1.000 granos por planta; la materia seca: radical, aérea y total. Se hizo un seguimiento a las arvenses asociadas al cultivo donde se registró y analizó la cobertura, densidad y frecuencia; al igual que las variables climáticas: temperatura, energía solar, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento. Metodológicamente se eligió un diseño experimental completamente al azar, donde cada unidad experimental midió 100 m<sup>2</sup> (área asimilable a un ensayo semicomercial). Los resultados se evaluaron bajo un ANOVA, y aplicación de la prueba de diferencia mínima significativa entre tratamientos con un  $P < 0.05$ . Complementario se aplicó un análisis de correlación no paramétrico de Spearman entre variables. El rendimiento del tratamiento SICA orgánico obtuvo 8,00 Ton Ha<sup>-1</sup> produciendo 15,8% más de arroz que el sistema convencional el cual obtuvo 6,91 Ton Ha<sup>-1</sup>, el SICA mixto y SICA químico obtuvieron 5,99 Ton Ha<sup>-1</sup> y 6,97 Ton Ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estos rendimientos mostraron una correlación positiva (91%) con la biomasa aérea siendo altamente significativa. La mejor calidad de grano en molinería la obtuvo el SICA orgánico y el sistema convencional. Las arvenses asociadas al cultivo que causaron mayores interferencias fueron *Fimbristylis miliacea* (Barba de indio), *Eclipta alba* (Palo de agua) y *Setaria viridis* (Cola de zorro). Se determinó el ahorro de semilla del SICA versus el sistema convencional obteniendo 600% de ahorro, así mismo se determinaron las relaciones beneficio/costo: el sistema convencional obtuvo relación  $> 1$  y rentabilidad del 11,5%, los SICA presentaron relaciones  $< 1$ , y rentabilidades negativas, orgánico -12,37%, mixto -22,88% y químico -3,44%; cuando se tienen precios convencionales, sin embargo el SICA orgánico obtiene rentabilidades del 190% Al comercializar el producto en mercados orgánicos. Se recomendó hacer evaluaciones SICA de mínimo 2 años, ya que los rendimientos SICA aumentan a través del tiempo y las rentabilidades pueden ser positivas en el segundo o tercer ciclo en mercados convencionales.

**Palabras claves:** Evaluación, arroz, rendimiento, arvenses, agroecología, sistema.

### Abstract

This research evaluated for the first time in Colombia, with the improved variety of rice F733, the productivity of the System of Rice Intensification SRI, (a system designed for a small and medium farmers, based on agro-ecological practices and supported by millions of hectares where organic rice is produced, reducing water consumption and improving yields through time), implemented under 3 management called organic, chemical and mixed and were compared with the conventional tillage system, work done in the municipality of Purificación (Tolima - Colombia) between July 2010 and August 2011. We analyzed variables related to the physiology of rice plant as the number of fertile tillers per plant, number of grains per spike and weight of 1,000 grains per plant, dry matter: radical and total air. Were followed to weeds associated with crop where recorded and analyzed the coverage, density and frequency, as climatic variables: temperature, solar energy, relative humidity, precipitation and wind speed. Methodologically, we chose a completely randomized design with split plot experimental unit measured 100 m<sup>2</sup> (area comparative to a semi-trial). The results were evaluated under an ANOVA and applying the test of least significant difference between treatments with  $P < 0.05$ . Additional analysis was applied to non-parametric Spearman correlation between variables. The performance of organic SRI treatment was 8.00 t ha<sup>-1</sup> produced 15.8% more rice than the conventional system which was 6.91 t ha<sup>-1</sup>, the chemical SRI and mixed SRI were 6.97 t ha<sup>-1</sup> and 5.99 t ha<sup>-1</sup> respectively. These returns showed a positive correlation (91%) with the biomass being highly significant. The best quality milled grain was obtained by SRI organic and conventional system. Weeds associated with increased interference caused crop were *Fimbristylis miliacea*, *Eclipta alba* and *Setaria viridis*. We determined the SRI saving seed versus the conventional 600% savings obtained, likewise determined the cost / benefit ratio: the conventional ratio was  $> 1$  and yield of 11.5%, the relationships presented SRI  $< 1$ , and negative returns, organic -12.37% mixed -22.88% and chemical -3.44% when conventional prices are, however, the body gets SRI returns of 190% At market the product in organic markets. SICA assessments was recommended to a minimum of 2 years, as yields SRI increase over time and the returns can be positive in the second or third cycle in conventional markets.

Keywords: Evaluation, rice yield, weeds, agro-ecology, system.

## Introducción

Se estima que para el año 2025 el mundo requerirá 400 millones de Toneladas adicionales de arroz para suplir la demanda. Esto representa un alza del 70% sobre la producción de 1996 (575 millones de Toneladas) y por ende se asume que el alza en la demanda de agua en los casos donde se incrementa el área del cultivo de inundación será un problema de primera necesidad de resolver. Latinoamérica posee el 8.3% de la población mundial, el 12.1 % de las tierras agrícolas y el 13.2% de los recursos renovables de agua. Ante esto, la demanda potencial del cereal constituye una gran oportunidad para esta región, que sólo produce unas 20 millones de toneladas de arroz por año (3.5% del total mundial). (IRRI; Winograd, 1995)

En el mundo, el arroz constituye el alimento más importante desde el punto de vista de la nutrición y la seguridad alimentaria; en Colombia no es la excepción, el consumo per cápita para el año 2006 fue de 39 kg (Fedearroz, 2011).

La producción Colombiana de arroz enfrenta una gravísima crisis fundamentalmente por el incremento en los costos de producción que pasaron de \$2'700.000 en el año 2001 a 4'980.000 en el año 2009; a esta realidad se le debe sumar el hecho de que el precio del arroz producido en el país es comparativamente mayor con países netamente exportadores como los Estados Unidos, que a precios de agosto del 2011 ofrece tonelada de arroz blanco a \$1'015.600, mientras que en Colombia esa misma tonelada se vende a \$1'916.000 lo que representa un incremento del 88% (Fedearroz, 2011).

A puertas del comienzo del tratado de libre comercio con los Estados Unidos, el sector está amenazado por ser un posible perdedor y no poder ser competente (Maldonado *et.al.* 2006); así mismo la presión negativa que ejerce el cambio climático y la presión que se ha hecho a los agro ecosistemas con el uso indiscriminado de agroquímicos y demanda de recursos naturales, ha incrementado problemas fitosanitarios; afectando con mayor intensidad al mediano y pequeño productor, sin dejar de lado a los grandes productores; pero estos últimos suelen estar mejor preparados; ya que tienen mejor acceso a nuevas tecnologías y soluciones derivadas de la revolución verde.(Pengue, 2005)

Se llegó entonces a formular la siguiente pregunta: ¿Existe algún modelo de producción que ofrezca mayores rendimientos y que favorezca una mejor sostenibilidad económica ambiental y sea fundamentado en el porvenir del mediano y pequeño productor arrocero?

En búsqueda de nuevos manejos agronómicos acordes con las necesidades de los pequeños y medianos arroceros Colombianos, se recurrió a los avances demostrados por un sistema denominado SICA ( SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ) que consiste en un sistema que permite, mediante el uso eficiente del agua y toda una selección de técnicas basadas en la aplicación de la agroecología, alcanzar excelentes índices de productividad, con cambios sustanciales en los rendimientos, en el impacto ambiental, en la manera de investigar y trabajar en equipo, con una clara estrategia de desarrollo rural,

manteniendo la calidad y la sostenibilidad del sistema productivo de arroz a través del tiempo.

En Colombia, el SICA presenta muchas oportunidades para los productores, porque puede sustentar y sostener a pequeños y medianos productores en 2 o 3 años de adopción del sistema, al brindarles mayores rendimientos y ser competentes tanto con los grandes arroceros colombianos como norteamericanos, así mismo el sistema SICA puede permitir el inicio a gran escala de la producción de arroz orgánico. El incursionar con un producto nuevo en un mercado necesitado de productos ecológicos puede ser la mejor opción antes que la de intentar competir con las mismas estrategias que los adversarios.

Colombia puede llegar a competir aprovechando sus excelentes condiciones agroclimáticas no para explotarlas sino para potenciarlas, pues la adopción del SICA significa ahorrar mínimo el 40% del agua, así como la eliminación paulatina del uso de agroquímicos peligrosos y contaminantes; más aún, el sistema requiere que se adopte la riqueza más preciada de Colombia (calidad humana), haciendo que el cultivo del arroz regrese a ser del agricultor con propiedad, con condiciones de vida dignas, contribuyendo a solucionar niveles de desempleo urbano y rural.

Al hacer que miles de campesinos regresen a laborar un cultivo que por culpa de la deshumanización ha venido abusando de la tecnología de la revolución verde y hoy tiene a Colombia sumergida en una emergencia Fitosanitaria donde las recomendaciones explícitas por parte del ICA son las de implementar manejos orgánicos y ecológicos (resolución 002705 ICA 2011). Por tanto la pertinencia de un sistema de producción acorde a la resolución expedida por el ICA tal cual como se presenta el SICA es precisa y necesaria.

Fue en la primera conferencia internacional sobre el SICA celebrada en Sanya, China, en 2002 donde se conocieron los primeros resultados alrededor del mundo. Esa conferencia fue organizada por el Instituto Internacional Cornell para el desarrollo de la alimentación, y la agricultura y auspiciada por la el Centro de Desarrollo e Investigación Chino de Arroz Híbrido y con el copatrocinio del Instituto Nacional Chino de Investigación en Arroz y la Asociación Tefy Saina de Madagascar. Para el año 2011 se cuenta con más de 300 publicaciones en el ámbito científico y cada día crece la experiencia en el uso del sistema en todo el mundo, sin embargo en Colombia no existen precedentes, por tanto ha de realizarse esta experiencia para iniciar el camino del SICA en el país. El SICA debe realizarse fundamentalmente porque miles de familias productoras de arroz de pequeños y medianos productores colombianos están atravesando problemas de subsistencia a través del tiempo, ya que lo que obtienen por sus cosechas no está compensando los altos costos de producción, entre los cuales se debe argumentar el costo excesivo del arriendo de la tierra que para el año 2001 rondaba los \$382000 y en el 2009 alcanzó los \$840000 (Fedearroz, 2011) representando un alza del 220%.

Los costos de plaguicidas y fertilizantes sintéticos son otro rubro que tienen alzas sustanciales en los últimos años; en mayor medida los herbicidas; pero también otros aspectos como el uso deficiente del agua, ya sea por mal manejo en la

preparación del terreno o fallas en el suministro por racionamientos, por escasez o cambio climático; alta densidad de siembra que conlleva a la desmedida competencia interespecifica, aumento en la agresividad virulencia de algunas plagas y enfermedades tal y como ocurrió en el año 2010 y ocurre en el 2011 con el problema del añublo bacterial de la panícula (*Burkholderia glumae*), enfermedad que está dejando en la quiebra a muchos productores.

Consecuente con estas perspectivas, el adoptar el modelo SICA es justificado; pues se produce más arroz (Uphopff, 2010), con ello el paradigma de la baja productividad que supuestamente se obtiene al utilizar metodologías ecológicas u orgánicas queda sin piso, por ende los arroceros medianos y pequeños pueden tener una alternativa con futuro; pues podrán competir al incursionar en el mercado orgánico u ecológico del arroz. Es así como deben probarse sistemas agronómicos como el SICA que puedan darles soluciones y futuro a los arroceros Colombianos ya que de ellos depende en gran parte la seguridad alimentaria de este país.

Es de destacar que este trabajo es el inicio del establecimiento del sistema SICA en Colombia, tiene la finalidad de evaluarlo enfocado a la productividad bajo diferentes manejos agronómicos, bajo las condiciones agroecológicas de la zona comprendida entre los municipios de Saldaña Coyaima y Purificación. Se proyectó alcanzar un rendimiento igual o superior entre el 10% y el 20% en relación al sistema convencional; con menores costos ambientales comparado con el sistema de producción tradicional; además de evaluar el uso eficiente del agua.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la productividad del cultivo arroz bajo el sistema de producción intensivo (SICA) en las condiciones agroecológicas del municipio de Purificación Tolima.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar las poblaciones de arvenses según variables de cobertura, densidad y frecuencia bajo diferentes sistemas de producción.
2. Correlacionar parámetros morfo-agronómicos de la variedad de arroz F733; número de macollas por planta, número de macollas fértiles/planta, número de granos por espiga, peso de 1000 granos, biomasa seca (total, radical y aérea); y los rendimientos, bajo el SICA y el sistema convencional
3. Evaluar los rendimientos de la variedad de arroz F733 bajo el sistema SICA comparado con el sistema convencional.
4. Comparar parámetros de calidad del grano de arroz producido en el sistema SICA en los diferentes manejos agronómicos: orgánico, mixto, químico y en el sistema convencional.
5. Establecer un proceso metodológico de siembra SICA que permita el control adecuado de las poblaciones de arvenses que interactúan con el cultivo de arroz.
6. Medir la resistencia al arranque de la planta de arroz sembrado en diferentes manejos agronómicos.
7. Determinar el ahorro en semilla de arroz bajo el SICA comparado con el sistema convencional.
8. Determinar la relación benéfico / costo del sistema SICA comparado con el sistema convencional

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. El sistema SICA (sistema intensivo del cultivo arrocer)**

El SICA se presenta como un sistema que permite mediante el uso eficiente del agua y toda una selección de técnicas que se basan en la aplicación de la agroecología y el entendimiento de la microbiología, llegar a tener excelentes índices de productividad, es así como publicaciones en conjunto de Africare, Oxfam América y el proyecto de WWF (ICRISAT, 2010) afirman el éxito del sistema.

El sistema fue desarrollado en Madagascar durante la década de 1980 después de dos décadas de observación y experimentación (Laulanié 1993). Es así como en un principio las comparaciones que se hacían con el sistema convencional en el manejo agronómico fueron lo primero que causó interés y por tanto esas diferencias fueron las que se comunicaron; pero no era así como debía darse a conocer lo que significaba el SICA pues como se explicará más adelante, el sistema no presenta recetas o manejos estrictos, más bien existen unos principios básicos los cuales han de seguirse y con base a estos se generan prácticas adecuadas para cada latitud del mundo en donde el sistema es aprovechado. (Uphoff *et al.* 2010)

Existen más de 40 países en donde los principios del SICA son probados con éxito, siendo la India y la China en donde se produce la mayor cantidad de arroz, donde el sistema cuenta con la mayor área cultivada alcanzando más de un millón de hectáreas y sigue creciendo constantemente; esto es una prueba de que las inseguridades o resistencias que en un principio pudiera despertar el SICA hoy en día se han venido disolviendo pues los beneficios del sistema son irrefutables. (Uphoff *et al.* 2010)

La aceptación del sistema SICA se fundamenta en que la construcción del conocimiento ha sido una labor en conjunto, pues son Universidades, agencias gubernamentales, institutos de investigación, ONGs, comunidades y productores los que han aportado las experiencias en todo el mundo y no se ha seguido un único mandato por parte de alguno de los actores anteriormente nombrados. (Uphoff *et al.* 2010)

### **1.2. Prácticas que caracterizan el sistema SICA**

El origen del sistema SICA se remonta a lo propuesto por LAULANIÉ, quien desde el año 1982 empezó a experimentar con la siembra de bajas densidades a causa de una escasez en la semilla disponible para ese año, de tal modo que se vio obligado a sembrar plantas muy espaciadas con el ánimo de recuperar la cantidad de semilla que era necesaria para la siembra convencional del cultivo, encontrando con gran asombro que el rendimiento obtenido en la cosecha sobrepasó el rendimiento convencional. De este modo continuo cosecha a

cosecha según la técnica de ensayo y error; así se desarrolló el SICA y logro realizar los postulados o principios básicos del sistema.

Así se propusieron los principios del SICA:

1. Trasplante de plántulas, de 8-12 días DDE (después de emergencia), concordante con la aparición de la 2 a 3 hoja, dentro de los primeros 15 días de la siembra en el semillero y antes del inicio del cuarto phyllochron de crecimiento (Nemoto *et al.* 1995).
2. Trasplante de forma rápida. Se requiere no dejar más de 30 minutos de sacada la plántula del semillero y realizar una siembra poco profunda (1-2 cm), teniendo cuidado de no lastimar las pequeñas raíces pues esto aumenta el estrés de la plántula y se puede perder macollamiento.
3. Se trasplanta una planta por sitio en distancia de 25cm\*25cm en cuadrados perfectos.
4. Se aplican sólo un mínimo de agua durante la etapa de crecimiento vegetativo, mojando el terreno a diario, pero con varios periodos de secado entre 3 a 6 días. Después de que inicie la aparición de la panícula, se mantiene una lámina de agua, de 1-2 cm, hasta 15 días antes de la cosecha, cuando el campo debe ser drenado.
5. Para controlar las arvenses se recomienda hacer pases con una desmalezadora mecánica. Esto remueve la superficie del suelo y entierra las arvenses recién emergidas. El Deshierbe debe empezar a los 10-12 días después del trasplante, para frenar el crecimiento de arvenses de manera preventiva, para airear y fertilizar la tierra, además se debe hacer varias veces antes de que el dosel del cultivo se cierre.

Los anteriores métodos fueron acompañados inicialmente por el uso de fertilizantes inorgánicos, por lo que el SICA no es necesariamente un sistema de cultivo "orgánico". Cuando el gobierno de Madagascar eliminó los subsidios de fertilizantes en la década de 1980, el uso de compost se convirtió en una alternativa atractiva, dando mejores resultados que los fertilizantes sintéticos. (Laulanie, 1993).

### 1.3. Aspectos de importancia del SICA

#### 1.3.1. Productividad en SICA versus convencional

Comparando las ganancias en el rendimiento que se han obtenido al implementar tecnologías derivadas de la revolución verde versus los resultados obtenidos por el SICA, por primera vez en lugares donde no han llegado las tecnologías, hacen que se genere una barrera por parte de los defensores acérrimos de los métodos convencionales y fundamentalmente químicos sintéticos. Estos actores han tratado de generar polémica al descalificar reportes de altas productividades que han realizado productores con muchos años de experiencia en el sistema, pero que no han sido científicamente comprobados; es así como se le ha considerado un sistema tipo "OVNI", es decir una calificación a un objeto volador no identificado (Sinclair 2004; Sinclair y Cassman 2004), ya que argumentan un inapropiado uso de los recursos y resultados sin ser científicamente confiables.

Los científicos Chinos son los que han realizado el mayor aporte a la credibilidad académica y científica del SICA si es que por área y representatividad se evaluase; por ejemplo, el Departamento Provincial de Agricultura (PDA) en Sichuan ha calculado que los métodos SICA han aumentado en 1,04 millones de toneladas en la producción de arroz provincial desde que comenzó la introducción de métodos en el 2004 (Zheng, 2010). Así mismo reportan que los métodos SICA han mejorado la eficiencia del uso del agua en un 61%, (Ma, 2010).

En Zhejiang, el PDA ha informado que los métodos SICA, usando menos agua, han aumentado la producción de arroz en 880.000 toneladas, producción proveniente de 688.000 hectáreas, el aumento del rendimiento es en promedio de 1,3 Ton/Ha, y se logró con la reducción del 22,6% del uso de agua de riego (Lin, 2010).

Dos años de ensayos replicados con dos variedades de arroz híbrido, realizado por investigadores del Instituto Nacional Chino de investigación en arroz, demostraron que el aumento de rendimiento se puede lograr utilizando bajas densidades de siembra, usando mojes en los suelos, evitando en todo el tiempo la inundación, y con el uso de materia orgánica para reducir el fertilizante mineral (Lin *et al.* 2009).

En 2000 y 2001 en Madagascar se realizaron ensayos a gran escala bajo diferentes condiciones agroecológicas y fueron evaluados en un diseño de bloques al azar con seis repeticiones por cada tratamiento. El primer ensayo se desarrolló en condiciones climáticas tropicales a nivel del mar en suelos pobres y arenosos y el segundo ensayo se desarrolló en un clima templado a 1200 m de altitud sobre el nivel del mar y con suelos más fértiles de arcilla y limo. Los resultados fueron significativamente altos en las variables de rendimiento y mostraron patrones similares en ambas localidades lo que hizo que los resultados fuesen más convincentes. (Randriamiharisoa y Uphoff 2002).

Los ensayos compararon el cultivo del arroz convencional con trasplante, (3 plantas por postura pero sin espaciamiento, el suelo continuamente inundado, y con fertilizantes sintéticos NPK) versus el SICA (plantas jóvenes, una por sitio, un mayor espaciamiento dispuesta en cuadrados perfectos, el manejo interrumpido del agua para mantener el suelo con mayor oxigenación y el uso de compost como abono). Todas las combinaciones intermedias de prácticas (también sin fertilización) fueron evaluadas, es decir que se hicieron manejos mixtos de ambos sistemas (convencional y SICA). (Randriamiharisoa y Uphoff 2002).

En los suelos pobres, la combinación de las prácticas SICA con una variedad mejorada dio un rendimiento 140% mayor que el tratamiento convencional (6,83 Ton/Ha vs 2,84 Ton/Ha) y, con una variedad tradicional de la zona (riz rouge) con el sistema SICA dio 182% más de rendimiento (5,96 Ton/Ha vs 2,11Ton/Ha) En la segunda serie de ensayos, la misma variedad (riz rouge) fue utilizada para todas las parcelas, y el efecto de las diferencias en la calidad del suelo se evaluó de manera sistemática. El sistema SICA en los suelos fértiles obtuvo 245% más de rendimiento que el sistema convencional y en los suelos menos fértiles obtuvo 211% más de rendimiento que el sistema convencional a

saber 10,35Ton/Ha vs 3 Ton/Ha y 6,36 Ton/Ha vs 2,04Ton/Ha respectivamente. (Randriamiharisoa y Uphoff 2002).

### 1.3.2. **La naturaleza biológica del sistema y sus implicaciones**

Es indiscutible que cuando un sistema agronómico se base en las bondades de la biología va a generar resultados demasiados diversos tal cual como lo es la vida misma; los componentes microbiológicos que pueden estar determinado la fertilización y el rendimiento en una planta de arroz son cientos de veces más diversos que lo que puede ocurrir cuando se fertilice y analiza con un componente NPK. (Uphoff *et al.* 2010).

Cuando se analiza una experiencia SICA ha de tenerse claro que no es apropiado evaluarlo bajo los mismos métodos con que se evalúa un sistema convencional; ya que los coeficientes o los índices que se manejan son disimiles y no se van a obtener diagnósticos verdaderos. (Uphoff *et al.* 2010).

Seguramente al analizar el SICA de maneras reduccionistas o buscando un único factor que sea el que determine la productividad del sistema, como por ejemplo ocurre con el manejo convencional al identificar una deficiencia nutricional, o un análisis foliar, los resultados no van a dar conclusiones claras o fácilmente entendibles. (Sheehy *et al.* 2004 ; Stoop y Kassam 2004 ). Algunos científicos especialistas en arroz, han hecho sus propias evaluaciones de los sistemas SICA y han concluido que sus métodos son, en efecto beneficiosos (Yuan 2002 ; MWR 2006 ; Swaminathan 2006).

Hoy hay más de 300 publicaciones del modelo SICA que son cada vez más convincentes para la ciencia; pero lo más importante es que toda esta nueva aceptación derivada de la información comprobada por parte de los científicos hace que día a día más productores decidan adoptar el sistema SICA. (Uphoff *et al.* 2010).

Se piensa que los estudios deben ir encaminados hacia los análisis de las dinámicas poblacionales microbiológicas, haciendo seguimientos a través del tiempo en base al aumento en biomasa radical, y con esto realizar las correlaciones con los principios básicos del sistema; haciendo un énfasis en el efecto del estrés hídrico, si es que se puede denominar así al tiempo en el que la planta deja de estar bajo inundación. (Uphoff *et al.* 2010).

Ha de recordarse que, aunque morfológicamente las plantas de arroz tienen aerenquima o espacios intercelulares lisigenos (Degionanni *et al.* 2010), no por este hecho deben estar bajo condiciones de anoxia en la totalidad de su ciclo biológico; más bien debe verse esto como una facultad que tienen las plantas de arroz de soportar la inundación. Así que el manejo que se obtiene del agua en el sistema SICA rompe el paradigma que existe en los sistemas convencionales y hace parte esencial de los grandes rendimientos que se obtienen en experiencias SICA. (Uphoff *et al.* 2010).

No se encuentra bien documentado cómo las condiciones del suelo cambian con el tiempo una vez que se inicia la práctica del SICA. Los cambios que podrían ocurrir en los procesos físicos y biológicos y las condiciones probablemente requieren de diferentes períodos de tiempo para llegar a ser más o menos productivos; afectados por el tipo de suelo, el clima y las características específicas del manejo del SICA. (Uphoff *et al.* 2010).

Es probable que los estudios de los procesos de los componentes y los factores del SICA mejor deban hacerse bajo condiciones controladas en los campos de arroz donde las prácticas SICA se han utilizado durante varios años. Se trata de una restricción general en las ciencias de los cultivos y del suelo que gran parte de la investigación y la información generada en la que se basa un resultado no se hace con varios años de evaluaciones (Uphoff, *et al.* 2010).

### 1.3.3. La mano de obra en el SICA

Estudios realizados en el 2003 concluyeron que el SICA requiere de mucha mano de obra y que los grandes productores de arroz no pueden producir con esa limitante por tanto el sistema no es apto para ellos (Moser y Barrett, 2003). Sin embargo en el 2004 se concluyó que con el tiempo los agricultores adquieren experiencia con las nuevas técnicas, aumenta la habilidad y realmente ocurre una reducción en la cantidad de mano de obra requerida (Barrett, *et al.* 2004).

En la China e India ya se empieza a discutir el valor del componente de mano de obra en el sistema, concluyendo que es tan importante como el mismo manejo del agua; un estudio en la India realizado en cuatro distritos del estado de Tamil Nadu por el director del Centro Nacional de Economía Agrícola encontró que los métodos SICA comparativamente redujeron la mano de obra por hectárea en un 17% y los costos laborales en un 28% (Barah, 2009 ).

Una evaluación del IWMI de producción de secano de la ISR en Estado de Bengala Occidental calcula una reducción del 8% en los requerimientos de mano de obra (Sinha y Talati, 2007). Pero más estudios sobre este tema aún no se han hecho.

En China, en un pueblo de la provincia de Sichuan donde el número de arroceros SICA paso de siete campesinos en 2003 a 398 al año siguiente, se encontró que el beneficio más común para los arroceros fue la reducción en mano de obra (Li, *et al.* 2005 ).

Muchos países ya están incursionando en el diseño, adaptación y construcción de maquinaria que agilice el trabajo, en el caso del trasplante ya existen maquinas que facilitan dicha labor, así mismo las adaptaciones para realizar la labor de desmalezar y las maquinas que se usan para esto son muy diversas y continúan sus pruebas en todo el mundo. (Uphoff *et al.* 2010).

Aunque en un principio el SICA fue concebido para pequeños y medianos productores, con las adaptaciones, mecanizaciones y demás tecnologías

disponibles como la nivelación a laser, las mega producciones de compost con ayuda de maquinaria pesada o con el uso de desmalezadores mecánicos los grandes productores de arroz pueden llegar a ser muy eficientes y alcanzar beneficios económicos de la misma manera como lo logran con los sistemas convencionales, quizá cuando se logren publicar experiencias positivas de grandes arroceros, otros se animen a seguir sus pasos.

#### 1.4. Taxonomía del arroz

El arroz pertenece a las Fanerógamas, tipo Espermatofitas, subtipo Angiospermas, clase Monocotiledóneas, orden Glumifloras, familia Gramíneas, subfamilia Panicoideas, tribu Oryzae, subtribu oryzíneas, género *Oryza* (Angladette, 1969; González, 1985; Porter, 1959).

##### **Tribu Oryzae**

Se caracteriza por las espiguillas en panícula, unas veces uniflorales y con frecuencia carentes de glumas, o bien con dos o tres flores, de las cuales las dos inferiores poseen una sola pieza, la glumela, y la terminal es la única fértil. Los estambres son generalmente seis, aunque a veces son menos y en ciertos casos se reducen a uno. Según Prodoehl y Bewo, citados por Angladette (1969), esta tribu comprende dos subtribus: las oryzíneas y las zizaníneas, a las cuales pertenecen cuatro géneros diferenciados por sus características sexuales y por la presencia o ausencia de glumas.<sup>1</sup>

##### **Subtribu orizíneas**

Tiene espiguillas bisexuales. Comprende tres géneros: *Oryza*, *Leercia* e *Hygroryza*.

*Oryza* posee glumas, generalmente rudimentarias pero bien visibles; tiene espiguillas comprimidas lateralmente, aristadas o místicas. La cariósida está estrechamente encerrada por las glumas endurecidas.

*Leercia* no posee glumas; sus espiguillas descansan en pedúnculos muy cortos, son místicas, muy comprimidas lateralmente, y bastante parecidas a las del género *Oryza*, pero más pequeñas (de 3 a 4 mm).

*Hygroryza* no posee glumas; las espiguillas descansan en pedúnculos de longitud variable, son solitarias o poco numerosas, lanceoladas, y tienen glumelas papiráceas.

##### **1.4.1. Género *Oryza***

Las distintas especies del género *Oryza*, a excepción de la especie *O. sativa* L., no llamaron la atención de los botánicos hasta hace 2 siglos. Estas especies son numerosas y han sido clasificadas de diversa manera por los taxónomos investigadores.

##### **Tipos de *O. sativa***

En la especie *Oryza sativa* L. se consideran tres grupos o tipos de arroz:

Índica, japónica y javánica o bulú. Su origen estaría en la selección hecha, bajo diferentes ambientes, del arroz silvestre en los procesos de domesticación (Chandler, 1979). El tipo índica y el tipo japónica fueron considerados subespecies de *Oryza sativa*, pero actualmente son razas ecogeográficas.

**Tipo índica:** se cultivan en los trópicos tienen las siguientes características: Mayor altura que otras variedades, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido, y grano de mediano a largo. Estos granos tienen un contenido de amilosa entre medio y alto que les da un aspecto seco y blando, y los hace poco aptos para desintegrarse en la cocción. Los trabajos de mejoramiento han producido variedades de arroz de tipo índica que tienen estatura corta, macollamiento abundante y respuesta al nitrógeno, y que dan un rendimiento tan alto como las de tipo japónica.

**Tipo japónica:** tienen hojas erectas de color verde intenso y una capacidad de macollamiento menor que la de las variedades de tipo índica; tienen mayor respuesta al nitrógeno (medida en rendimiento) que éstas, son insensibles al fotoperiodo y toleran las bajas temperaturas. Sus granos son cortos y anchos y su contenido de amilosa, que es bajo, los hace pegajosos y con tendencia a desintegrarse en la cocción.

**Tipo javánica o bulú:** son morfológicamente similares a las del tipo japónica, pero sus hojas son más anchas y pubescentes, emiten pocas macollas, y la planta es fuerte y rígida. Estas variedades son insensibles al fotoperiodo y sus granos son aristados. (Degionanni *et al.* 2010).

#### 1.4.2. Generalidades de la variedad de arroz tipo inidica F733

##### Fenología

Vigor: alto vigor inicial

Macollamiento: alto potencial

Etapas de desarrollo en días después de emergencia (D.D.E):

Inicio del macollamiento: 12-15

Máximo macollamiento: 26-28

Inicio de primordio: En Tolima Sur y Huila 42-46

En la Meseta de Ibagué 44-48

50% de floración: 78-80

Ciclo (Días de emergencia a cosecha):

Primer semestre: Tolima Sur y Huila 117-120

Meseta de Ibagué 125-130

Segundo semestre: 115-120

1.4.3. En las siembras del segundo semestre se reduce la duración del ciclo de cultivo de 3 a 5 días en todas las etapas, con relación al primer semestre. (FEDERROZ, 2010).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización geográfica

El experimento se realizó en la finca La Holanda ubicada en el municipio de Purificación Departamento del Tolima. Se realizó la Georeferenciación del lote para su exacta ubicación (figura 1). Las coordenadas del experimento fueron ( $3^{\circ}52'43''$  N y  $74^{\circ}56'45''$  W). La altitud sobre el nivel del mar fue de 313 m.



**Figura 1.** Georeferenciación del experimento. Foto Google Earth 2010 Y adaptado por Acosta 2011.

### 2.2. Manejo agronómico del experimento

#### 2.2.1. Maquinaria especializada para el sistema SICA

##### 2.2.1.1. Desmalezadores mecánicos

El diseño de los desmalezadores mecánicos fue adaptado a las condiciones del sistema de producción de arroz objeto del presente trabajo, con un ancho de trabajo entre plantas de 30 cm (Figura 2). Se basó en modelos generados en Madagascar (figura 3).



**Figura 2.** Desmalezadores mecánicos construidos en Colombia. (Acosta 2010).



**Figura 3.** Modelo de base para la construcción de los desmalezadores mecánicos desarrollado en Madagascar. (Norman Uphoff.)

La máquina funciona con base a dos rodillos que giran cada uno en su eje; dichos rodillos presentan púas afiladas en dirección contraria al crecimiento de las arvenses, al ser instalados ambos rodillos se juntan para que queden las cabezas o extremos de los rodillos grandes enfrentadas con las cabezas o extremos de los rodillos pequeños. Su funcionamiento siempre se hace a manera de ir y venir,

haciendo recorridos cortos de 30 a 40 cm, yendo y viniendo; así se va avanzando lentamente y las arvenses van quedando eliminadas del recorrido (figura 4).



**Figura 4.** Operario con gran cantidad de arvenses resultado del desyerbe mecánico. (Acosta 2010).

Se comprobó que bajo condiciones de poca humedad en el suelo (figura 5), se hace necesario realizar un moje si quiera llegando a una lámina de 1 cm, estado ideal para realizar eficientemente el trabajo de desmalezar, pues en condiciones de sequedad es casi imposible trabajar con la máquina.



**Figura 5.** Prueba de la maquina bajo diferentes niveles de humedad en el suelo. (Acosta 2010).

#### 2.2.1.2. **Minirotovators**

Se implementaron en el sistema pequeños desmalezadores movidos a gasolina denominados minirotovators; estos aparatos se consiguen con cierta dificultad

en el mercado; se trabajó con una máquina de nombre comercial “Mantis” (figura 6); se trata de una maquina proveniente de USA utilizada para labores hortícolas.



**Figura 6.** Minirotovator Mantis con motor Honda de 1,5 HP. (Acosta 2010).

Se decidió el elevar la potencia original del motor Honda, al pasar a un motor con una potencia de 2,5 HP; así la maquina trabaja descansada y se evitan retrasos; además se cambiaron los rodamientos originales por otros con sistemas cerrados que no permiten o limitan al máximo la entrada de agua. Se rediseño el acople trasero (figura 7 y 8), donde se implementó el uso de cuchillas que repasan la labor del rotovator e incrementan la eficiencia de la labor.



**Figura 7.** Izquierda, accesorio original, Derecha, accesorio adaptado con cuchillas acopladas por el ingeniero agrónomo Alejandro Alcázar (2010). (Acosta 2010).



**Figura 8.** Izquierda rotovator sin el acople, Derecha rotovator con acople y cuchillas. (Acosta 2010).

Se realizaron pruebas en campo donde se comprobó la eficiencia del deshierbe con la Mantis a través del tiempo (figura 9)



**Figura 9.** Labor del mini rotor 15 días después del pase mecánico entre líneas de arroz (Acosta 2010).

## 2.2.2. Procedimiento de establecimiento del experimento en campo

### 2.2.2.1. Siembra y establecimiento del abono verde

Este proceso se realizó en los tratamientos orgánico, mixto y químico (descritos más adelante) correspondientes a los principios del SICA; en el espacio del tratamiento convencional no se realizó el cultivo verde pues no es una práctica habitual. Se eligió el frijol Caupi (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) (Figura 10), se utilizaron 50kg ha<sup>-1</sup>. El frijol fue incorporado a los 40 días de sembrado, más 1 día del proceso que tarda el desbrozar e incorporar aproximadamente 4 hectáreas



**Figura 10.** Frijol Caupi listo para ser incorporado al suelo. (Acosta 2010).

### 2.2.2.2. Preparación del abono orgánico

Dosis regional básica recomendada por Fedearroz para la variedad F733:

Nitrógeno: 180 a 200kg Ha<sup>-1</sup>.

Fosforo: 40 a 60kg Ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Potasio: 90 a 120 Kg Ha<sup>-1</sup>

Con el diagnóstico de las necesidades nutricionales básicas del cultivo de arroz para la variedad F733, se preparó un compostaje de la siguiente manera:

Se prepararon 3 tipos de abono o compost enriquecido, un compostaje (A) que era rico en fósforo en el cual se le aportó 3 bultos de roca fosfórica mínimo con el 29% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por tonelada, medio bulto de cloruro de potasio por tonelada, y medio bulto de frijol amoniacado mínimo con el 15% de N.

El siguiente compostaje (B) se elaboró con medio bulto de roca fosfórica más un bulto de cloruro de potasio más medio bulto de frijol amoniacado.

El tercer compostaje (C) tuvo medio bulto de roca fosfórica, más medio bulto de cloruro de potasio y dos bultos de frijol amoniacado.

De esta forma se aplicaron los distintos tipos de compost a los tratamientos orgánico y mixto obedeciendo a los tiempos y necesidades fisiológicas del cultivo. Los demás componentes del compost se basaron en lodos, cascarilla de arroz, cama de ganado, gallinaza entre otros.

#### 2.2.2.3. **Inoculación de microorganismos en el suelo**

Se realizó la incorporación de microorganismos eficientes así como microorganismos fijadores de nitrógeno al suelo a excepción de la unidad experimental correspondiente al tratamiento convencional.

EM (microorganismos eficientes). Se compone de una mezcla de 3 grupos de microorganismos:

1. Bacterias Fotosintéticas: ***Rhodospudomonas sp***
2. Bacterias Acido Lácticas: ***Lactobacillus sp***
3. Levaduras: ***Saccharomyces sp***

#### FIJADORES DE NITROGENO

AZOBAC. Se compone de una bacteria fijadora de nitrógeno.

***Azotobacter chroococcum***  $14 \times 10^8$  UFC /ml.

Modo y dosis de aplicación: con el suelo humedecido haciendo fumigación con bomba de espalda se aplican  $20L Ha^{-1}$  de cada producto.

#### 2.2.2.4. **Preparación del lote**

- a) En los tratamientos orgánico, mixto y químico se realizó la incorporación del cultivo verde (frijol Caupi *Vigna unguiculata* (L.)Walp.) mediante el triple pase de rastra. esta operación tarda 1.5 horas a razón de \$70.000/hora. el tratamiento convencional no recibió abono verde.
- b) La precipitación obligo a realizar la técnica de Fangueo (figura 11). Ya que inicialmente se presupuestó preparar el terreno en seco, las precipitaciones hicieron del Fangueo la única técnica posible para iniciar el experimento. En el Fangueo el terreno queda con una textura fangosa y profunda, de ahí su nombre. Se hacen 3 pases de rastra en seco intercalando el paso del tractor en direcciones contrarias.
- c) Tres pases de batida del suelo, también se realiza intercalando la dirección del tractor entre cada pasada.
- d) Se aplica lámina de agua y se nivela con pala.
- e) Estas labores tardan 5 horas/ Ha a razón de \$70000/hora.
- f) El terreno se encuentra listo para el inmediato trasplante de las plántulas de arroz.



**Figura 11.** Preparación de unidades experimentales en Fanguero del suelo. Foto Acosta 2010.

### 2.3. Procedimientos en laboratorio

Se realizaron los análisis de calidad en la pos cosecha del arroz. Las variables evaluadas fueron:

a) porcentaje de humedad (% Hum) es el porcentaje de humedad con que llega el grano verde Paddy al molino, por lo general de campo llegan porcentajes que rondan de 22 a 24% de humedad. Para el siguiente proceso los granos de arroz han de llevarse a un porcentaje aproximado del 14%.

Se determino por medio de un medidor de humedad de granos de marca mini GAC plus.

b) Porcentaje de grano integral (% Integral) resulta de retirar la cascara del arroz. Se determinó mediante el proceso de trillar el arroz paddy. Se pesó 100 gramos de arroz paddy y se pesa el grano integral resultante después de la trillada. Por medio de una regla de 3 se determinó el porcentaje de arroz integral.

c) Rendimiento del grano en el molino (Rend/Molino) es un porcentaje que expresa la cantidad de granos blancos enteros y partidos, aquí también se obtienen las harinas.

d) Índice de pilado (ind. Pilado) es el porcentaje de granos enteros, se separan partidos y tres cuartos. Se obtiene mediante el proceso de retirar la capa de proteína que tiene el grano integral, de tal modo que se hace la regla de 3, partiendo de los 100 gramos iniciales de muestra en arroz paddy y del resultado en peso de grano entero que queda después de retirarle la capa de proteína.

e) Porcentaje de grano partido (%partido) es el total de granos partidos. Se obtiene al pasar el arroz que fue pilado por una zaranda, se pesa el total de granos partidos resultantes de la muestra inicial de 100 gramos de arroz paddy y por regla de 3 se obtiene el porcentaje.

f) Porcentaje de grano yesado (% Yeso) representa el porcentaje de granos con yeso. Se determina mediante el análisis de 5 gramos de arroz, mediante la

apreciación visual se hace pasar luz a través de los granos y se separan los que presentan lugares opacos, luego por regla de 3 se obtiene el porcentaje.

g) Porcentaje de grano con centro blanco (Centro blanco) corresponde al porcentaje de grano que presenta áreas opacas en su endospermo. Se determina mediante el análisis de 5 gramos de arroz, mediante la apreciación visual se hace pasar luz a través de los granos y se separan los que presentan lugares opacos, luego por regla de 3 se obtiene el porcentaje.

En las figuras 12 a 17 se observa el proceso del análisis de calidad del grano. En los laboratorios de la Universidad de Cundinamarca ubicados en la ciudad de Fusagasugá se realizaron las mediciones de biomasa de plantas de arroz así como el pesaje de las muestras de 1000 granos, componente de rendimiento del cultivo.



**Figura 12.** Ingreso del arroz paddy al proceso de análisis de calidad. (Acosta 2010).



**Figura 13.** Medición del % de humedad de las muestras. (Acosta 2010).



**Figura 14.** Clasificación y pesaje de las muestras, 100 gr por cada una. (Acosta 2010).



**Figura 15.** Trillada y obtención de muestras de arroz integral. (Acosta 2010).



**Figura 16.** Detalle del arroz integral mezclado con arroz rojo. (Acosta 2010).



**Figura 17.** Detalle del arroz blanco, excelso de 4 tratamientos agronómicos. (Acosta 2010).

## 2.4. Diseño experimental

### 2.4.1. Tipo

Se utilizó un diseño completamente al azar. Se establecieron 4 unidades experimentales y en cada unidad se estableció la variedad de arroz F733, la unidad experimental se dividió en 3 subunidades. Obedeciendo en total para cada unidad experimental el área de 100m<sup>2</sup>. Área suficiente para asimilar un ensayo semicomercial.

### 2.4.2. TRATAMIENTOS

Se establecieron 4 tratamientos los cuales se describen en la tabla 1. Para cada tratamiento obedece un manejo agronómico diferente, en los **anexos 2, 3, 4 y 5**; se discriminara con detalle los métodos, épocas de aplicación e insumos utilizados en el experimento

**Tabla 1.** Nombre y descripción de tratamientos en la investigación.

TRATAMIENTO	NOMBRE	DESCRIPCION
<b>T1</b>	<b>ORGANICO SICA</b>	Variedad F733, bajo sistema SICA, densidad de siembra de 33cm entre plantas, una sola planta por sitio, fertilización orgánica, control de arvenses mecánico y labores de Fito protección con insumos ecológicos (microbiológicos, botánicos, minerales). Ver <b>anexo 3</b>
<b>T2</b>	<b>MIXTO SICA</b>	Variedad F733 bajo sistema SICA, densidad de siembra de 33cm entre plantas, con una sola planta por sitio, fertilización orgánica un 50% de las veces y química el otro 50%, control de arvenses mecánico y químico (uso de herbicidas) y labores de Fito protección con insumos ecológicos (microbiológicos, botánicos, minerales). Y químicos 50/50. Ver <b>anexo 5</b>
<b>T3</b>	<b>QUIMICO SICA</b>	Variedad F733 bajo sistema SICA, densidad de siembra de 33cm entre plantas, con una sola planta por sitio, fertilización química sintética, control de

		arvenses químico ( herbicidas sintéticos) y labores de Fito protección con insumos químicos sintéticos. Ver <b>anexo 4</b> .
<b>T4</b>	<b>CONVENCIONAL</b>	Variedad F733, manejo del cultivo tradicional, densidades de siembra de 200kg ha <sup>-1</sup> , aplicación de fertilizantes sintéticos y agroinsumos convencionales. Ver <b>anexo 2</b> .

## 2.5. Análisis estadístico

El experimento se evaluó bajo un modelo de un ANOVA de una vía y en los casos donde se detectaban efecto significativo de los tratamientos se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), identificando diferencias entre tratamientos con un  $P < 0.05$ .

Para el objetivo de la evaluación de comportamiento de arvenses se decidió hacer el análisis para cada estado fenológico por separado.

Para evaluar la relación entre las variables de producción y las variables de cobertura y densidad de arvenses se utilizó un análisis de correlación no paramétrico de Spearman, sobre los valores promedios de las variables para cada tratamiento y cada repetición.

Toda la información fue procesada con el programa SAS, versión 9.0. SAS Institute Inc. Cary NC USA.

## 2.6. Variables evaluadas

### 2.6.1. Arvenses

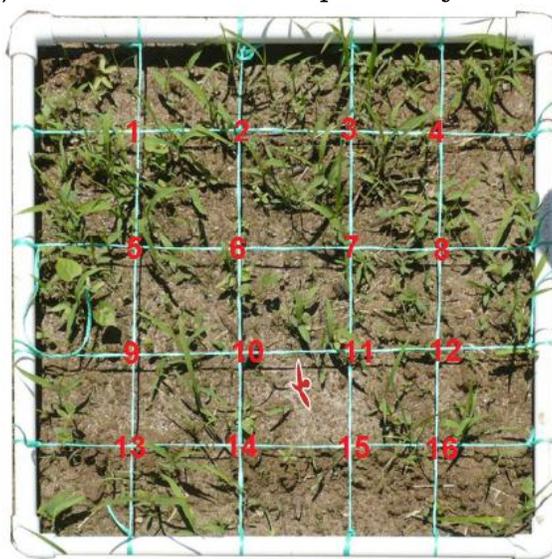
La evaluación de arvenses se realizó con una adaptación de la metodología propuesta por Fuentes (1986), usando el método del “cuadrado”. El área determinada fue de (0.25 m<sup>2</sup>) dividido en mini cuadrados de 100 cm<sup>2</sup> (figura 18) Se evaluaron 9 cuadrados por cada tratamiento, 3 en cada subparcela y la frecuencia de los muestreos fue cada 15 días.



**Figura 18.** Cuadrado en material PVC, dimensiones de 50cm\*50cm y divisiones de 10cm\*10cm con cuerda sintética. (Acosta 2010).

2.6.1.1. **Cobertura (%).**

Se midió como el porcentaje (en área) del suelo cubierto por las arvenses, mediante la proyección vertical del dosel de la vegetación sobre el suelo, con la utilización del cuadrado de 0.25 m<sup>2</sup> en el que se demarcaran 16 puntos o cuadrantes (figura 19) Para la obtención del porcentaje de cobertura  $n/16$ .



**Figura 19.** Puntos (16) en los cuales se realizó la medición de la cobertura tanto de arroz como de arvenses. (Acosta 2010).

### 2.6.1.2. Frecuencia

Se determinó mediante la fórmula calculada por Daget y Godron (1995):

Número de veces que una especie se presenta en un número dado de parcelas de muestreo o de puntos de muestreo

$$CS_i = FC_i / \sum FC_i * 100 = n_i / \sum n_i * 100 \quad (1)$$

Donde:

$CS_i$  = contribución de la especie i;

$FC$  = frecuencia centesimal (es decir, en porcentaje respecto a 100 muestras) de la especie i;

$\sum FC_i$  = sumatoria de la frecuencia centesimal de todas las especies,

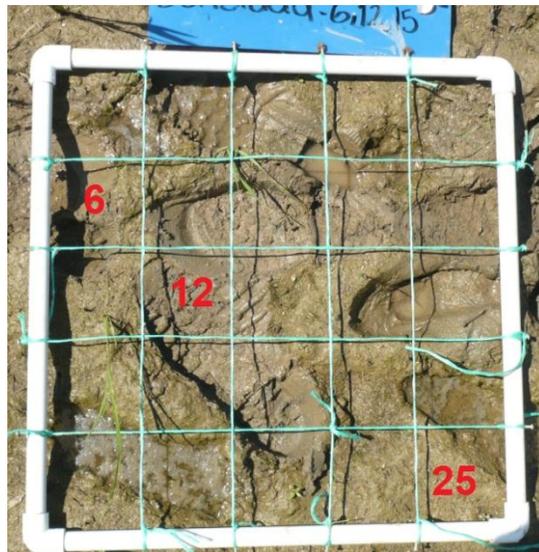
$n_i$  = número de unidades de muestreo donde se encuentra la especie i;

$\sum n_i$  = sumatoria del número de unidades de muestreo en que está i.

### 2.6.1.3. Densidad de la especie

Se definió como el número de individuos de una especie de arvense que se registraran en una área 100 cm<sup>2</sup>, área enmarcada en el cuadrado de 0.25 m<sup>2</sup> (figura 20). Para las gramíneas se contabilizara el número de brotes o tallos aéreos, independientemente si provenían o no de un mismo individuo.

Así que por cada unidad de suelo muestreada se tomaron 3 mini cuadrados lo que correspondió a registrar 300cm<sup>2</sup>, esto por medio de regla de 3, se llevó a la densidad de arvenses por metro cuadrado.



**Figura 20.** Medición de la densidad en los cuadrantes 6, 12 y 25. (Acosta 2010).

#### 2.6.1.4. **Toma y frecuencia de muestreos de arvenses**

Los muestreos se realizaron cada 15 días (tabla 2). Se lograron realizar 5 muestreos. No fue posible realizar más mediciones debido al cierre en el dosel de las plantas de arroz.

Se hace claridad al afirmar que al momento previo de cada muestreo no se habían realizado controles físicos o químicos de arvenses. Una vez pasado el muestreo se aplicaban los métodos de control correspondientes a cada manejo agronómico.

**Tabla 2.** Muestreos quincenales, asociados a la fenología y la escala BBCH del cultivo del arroz.

<b>MUESTREO</b>	<b>FENOLOGIA</b>	<b>ESCALA BBCH</b>	<b>DÍAS DESPUÉS DE TRASPLANTE (DDT)</b>
1	Inicio de macollamiento	14	11
2	Crecimiento	19	26
3	Máximo macollamiento	29	41
4	Inicio del primordio	40	58
5	50% de floración	55	69

#### 2.6.2. **Parámetros morfo-agronómicos**

##### **Número de macollas /planta**

Se tomaron por cada unidad experimental tres muestras, que consistieron en tres plantas por muestra, de estas se contó el número de macollas para cada una y se procedió a registrarlas.

##### **Número de macollas fértiles/planta**

Se evaluaron por cada unidad experimental tres muestras, que consistieron en tres plantas por muestra, de estas se contó el número de macollas fértiles para cada una y se procedió a registrarlas.

##### **Peso seco total**

Tres muestras, fueron evaluadas por cada unidad experimental y tres repeticiones de plantas por muestra, de estas se tomó la planta completa (raíces mas parte aérea) se procedió a secarlas durante 7 días a plena disposición de la radiación solar en un patio de cemento procurando realizar el mayor secado posible previo al transporte hacia los laboratorios; se procedió a guardarlas en bolsas de papel internas y bolsas plásticas externas para evitar cualquier pérdida de alguna parte de la planta, se procedió a llevar las muestras al

laboratorio de la Universidad de Cundinamarca para determinarles su biomasa, posterior a esto se procedió a registrar los resultados.

### **Peso seco radical**

Aprovechando la toma de la biomasa de la planta se separó las raíces de las muestras y se registró su peso en gramos.

## **2.6.3. Componentes del rendimiento**

### **Número de espigas/planta**

Se tomaron por cada unidad experimental tres muestras, que consistieron en tres plantas por muestra, éstas fueron tomadas al azar. Luego se contaron las respectivas espigas presentes.

### **Número de granos / espiga**

Se evaluaron por cada unidad experimental tres muestras, que consistieron en tres espigas por muestra, éstas fueron tomadas al azar. Luego se contaron los respectivos granos presentes.

### **Peso de 1000 granos**

Se tomaron por cada unidad experimental tres muestras, que consistieron en tres plantas por muestra, de estas se contaron mil granos para cada una y se procedió a pesarlos y registrarlos.

## **2.6.4. Rendimiento kg ha<sup>-1</sup>**

La toma del rendimiento consiste en pesar el arroz paddy producido, el registro puede hacerse de manera manual, arrancando las espigas de la planta y pesando los granos de arroz presentes en ellas.

Para determinar el rendimiento por hectárea se pesó el total del arroz paddy producido en cada parcela y se dividió entre su área ocupada. Por regla de tres se determinó el rendimiento por hectárea.

## **2.6.5. Medicion de la fuerza a la resistencia al arranque en las plantas de arroz**

Se dispuso del uso del dinamómetro como herramienta de medición. En cada tratamiento se **hicieron 9 mediciones al azar, seleccionando una planta por medición. Las plantas fueron agarradas** mediante una cuerda que las sujeto a una altura aproximada de 50 cm, se ejerció fuerza en un Angulo recto en dirección perpendicular al suelo.

## 2.7. Condiciones climáticas en la zona experimental

Se realizaron mediciones climáticas gracias a los equipos adquiridos recientemente por la Federación Nacional de Arroceros Fedearroz, específicamente en el centro de investigación Las Lagunas, ubicado en el municipio de Saldaña departamento del Tolima.

Las variables climáticas registradas presentan datos de cada hora desde el mes de agosto del 2010, algunas de las más importantes fueron:

- a) Temperaturas ( C ) (máximas, mínimas y promedio)
- b) Humedad relativa (%)
- c) Energía Solar (watts/m<sup>2</sup>)
- d) Precipitación (mm)
- e) Velocidad de los vientos (m/s)

### 2.7.1. VARIABLES CLIMATICAS REGISTRADAS

Se analizan los distintos factores ambientales que influyen en la producción de grano del cultivo de arroz. Entre ellos están la temperatura (alta, baja), la radiación solar, la energía solar; la precipitación, la transpiración, el viento y la humedad relativa. En síntesis, la respuesta de la planta de arroz a los factores del clima y a diversas condiciones del ambiente determina, en gran medida, la velocidad y la intensidad de los procesos metabólicos controlados por el código genético de la planta. Cuanto mejor se expresen esos procesos, más altos serán los niveles de producción y productividad que alcancen las plantas para responder por el resultado económico del cultivo. (Vargas, 2010)

#### 2.7.1.1. TEMPERATURA

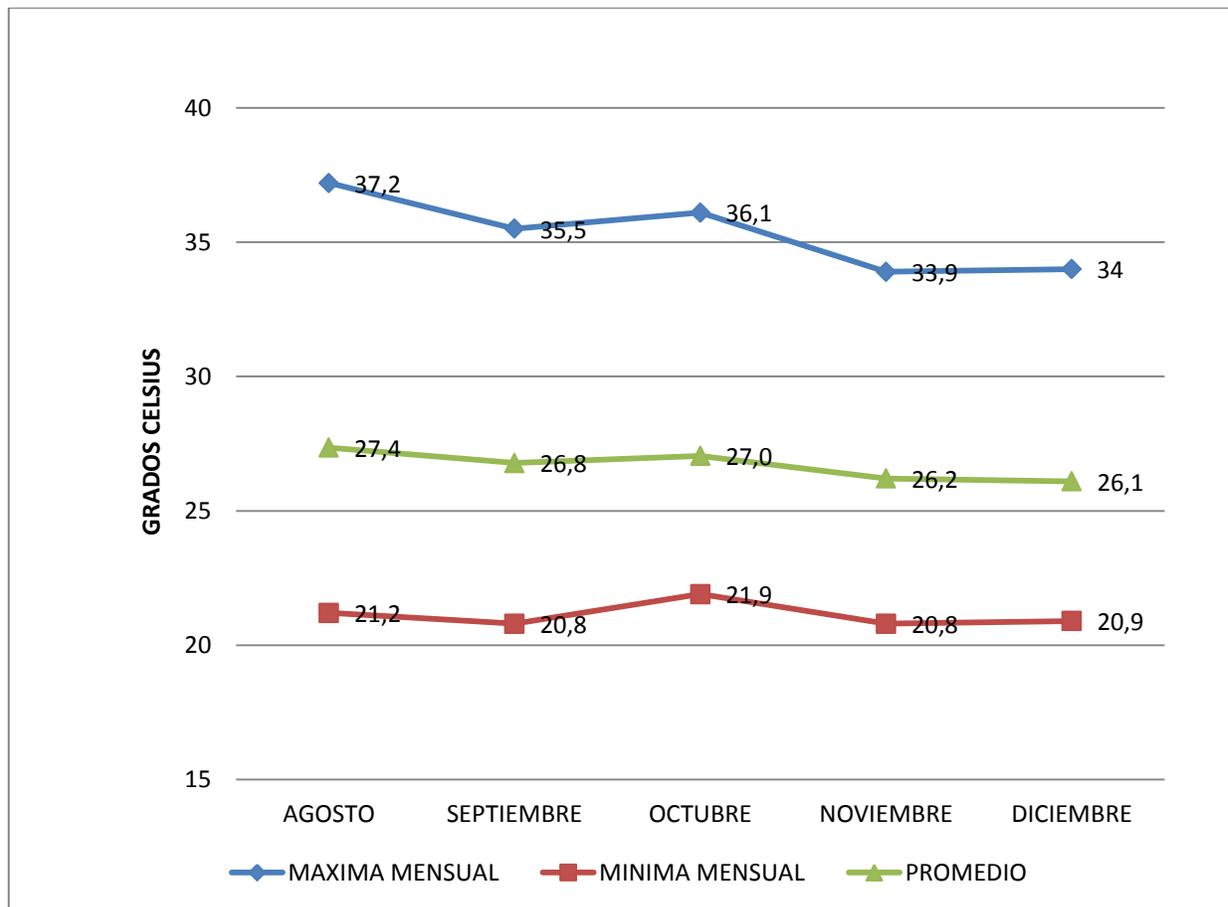
Las temperaturas críticas para la planta de arroz están, generalmente, por debajo de 20 °C y por encima de 30 °C, y varían según el estado de desarrollo de la planta. Varían también según la variedad de arroz, la duración del efecto de esa temperatura, el cambio de condiciones diurnas a nocturnas, y el estado fisiológico de la planta.

Cuando la temperatura es mayor que la óptima para el crecimiento del arroz, puede reducirse el rendimiento porque le acorta el período de llenado y se reduce el Índice de Cosecha Polley, (2002). Kobata y Uemuki (2004) indican que los bajos rendimientos resultantes de exponer las plantas a temperaturas altas durante el llenado del grano se deben a que el aumento de la tasa de acumulación no compensa el déficit causado por la menor duración del llenado. El acortamiento del período de llenado por las altas temperaturas está asociado con la aceleración del envejecimiento de las hojas.

En el año 2010 se realizaron las primeras conclusiones sobre las causas y los efectos del complejo bacterial de la panícula, enfermedad que reduce hasta en un 100% los rendimientos del cultivo del arroz; las altas temperaturas combinadas con la presión a que someten las bacterias patógenas a causa de aplicaciones irracionales de agroquímicos, fueron identificadas como variables claves para el desarrollo de la enfermedad; temperaturas altas, sobre todo en la noche

configuran la activación de la estrategia denominada quórum sensing la cual es propia colonias de bacterias.

Fue en los laboratorios de la Universidad de Louisiana donde se determinó que la bacteria *Burkholderia Gladioli* se desarrolla en óptimas condiciones entre los 35 y 37 (figura 21) grados Celsius, mientras que *Burkholderia. Glumae* lo hace entre los 38 y 40 grados Celsius. (Rush *et al.*, 2010)



**Figura 21.** Temperaturas registradas en grados (C) para la zona de Saldaña y Purificación en el segundo semestre del 2010.

Los daños que se presentaron debido a la presencia de la enfermedad son evidenciados en la figura 22, donde el rendimiento no supero las 2,5 Ton ha<sup>-1</sup> según los propietarios del cultivo rodeante al ensayo SICA.

En la figura 23 se observa la sanidad del arroz SICA el cual estuvo bajo las mismas condiciones de temperatura que el cultivo rodeante, la diferencia fundamental radico en las aplicaciones ecológicas de Fito protección.



**Figura 22.** Plantas de arroz del cultivo rodeante al ensayo SICA afectadas por vaneamiento y enfermedad del añublo de la panícula. (Acosta 2010).



**Figura 23.** Plantas de arroz del tratamiento SICA Orgánico sin afección por el añublo bacteriano de la panícula (Acosta 2010).

### 2.7.1.2. **ENERGIA SOLAR**

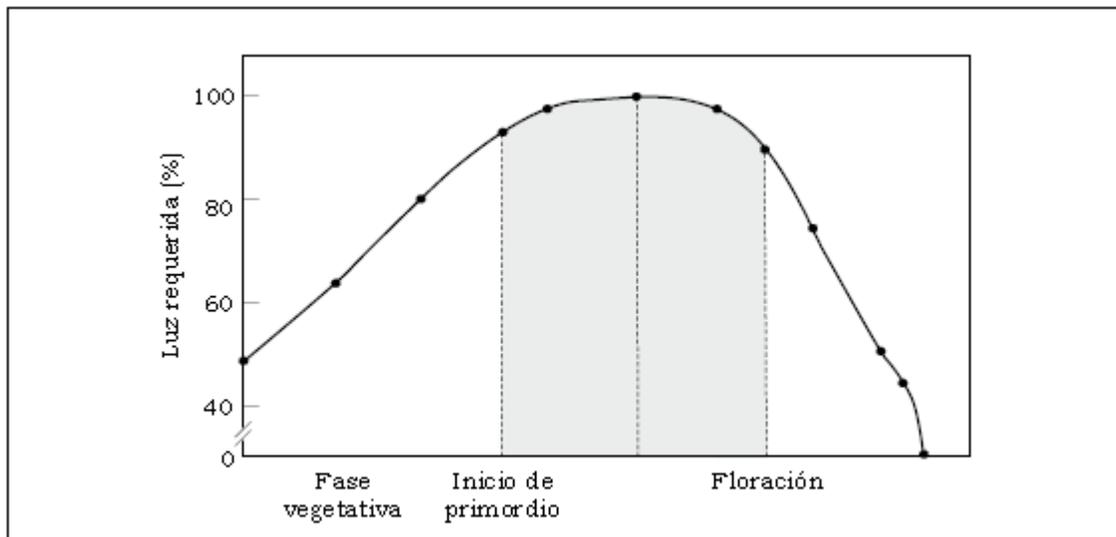
La fotosíntesis es el proceso en que la energía solar es atrapada por el tejido verde de las plantas y convertida en energía química, que es almacenada en forma de carbohidratos. De 80% a 90% (en peso) de la materia seca de las plantas verdes proviene de la fotosíntesis; el resto viene, normalmente, del suelo en los minerales absorbidos por las raíces de las plantas. En un cultivo de arroz, la fotosíntesis depende, principalmente, de la incidencia (cantidad y ángulo) de la radiación solar, de su relación con el área foliar (tasa/ unidad de área), del índice de área foliar y de la orientación de las hojas. Si la radiación solar es baja, la tasa de fotosíntesis también será baja (Tsunoda, 1972; Tsunoda et al., 1968).

En la figura 25 se registró el comportamiento de esta variable.

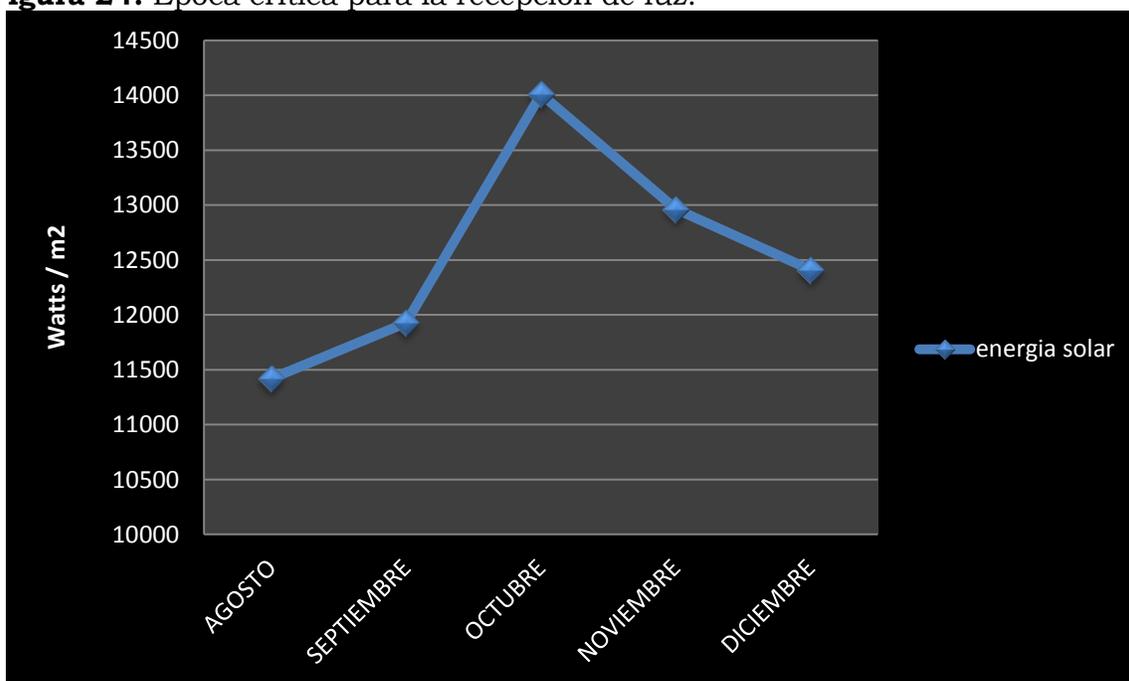
Partiendo de muchas investigaciones realizadas en diferentes años, se ha concluido que la radiación solar influye en el rendimiento de la planta de arroz (Pulver, 2010), principalmente durante la etapa de maduración del grano, ya que ejerce un notorio efecto en el número de granos llenos de la panícula. Esta conclusión permite afirmar que la translocación de carbohidratos al grano de arroz ocurre principalmente durante el día, y que alrededor de  $\frac{3}{4}$  del total de los carbohidratos producidos por la planta se elaboran en el día. Bonner y Galston (1952) encontraron que, en general, la translocación de carbohidratos desde la hoja hacia otros tejidos es inducida por el proceso fotosintético de acumulación específica de azúcar en la lámina foliar.

Para efectos de esta investigación no se pueden hacer mayores comparaciones con otras localidades y evaluar las diferencias respecto a la productividad que de allí se generasen, pero sí se puede afirmar que la energía suministrada al cultivo estuvo en rangos normales a óptimos por lo que la acumulación de carbohidratos que las plantas del experimento realizaron no se vio afectada por deficiencia o exceso de energía solar.

Análisis hechos para América Latina y el caso específico de Colombia en relación a la radiación solar (Pulver, 2010) confirman que solo existen algunos datos históricos encontrados en el CIAT para programar siembras estratégicas que coincidan con las épocas críticas de necesidad energética por parte de las plantas de arroz. Pulver describe en la figura 24 la importancia de conocer estos registros climáticos para programar siembras estratégicas que conlleven a mejorar la productividad de los campos de arroz colombianos, así mismo denota que para las siembras de variedades de ciclo largo como la F733, existen 50 días claves correspondientes al intervalo entre el inicio del primordio y la floración. Si comparamos la gráfica propuesta por Pulver y los registros de energía solar en la figura 25, se puede confirmar que la época de siembra fue la óptima.



**Figura 24.** Época crítica para la recepción de luz.

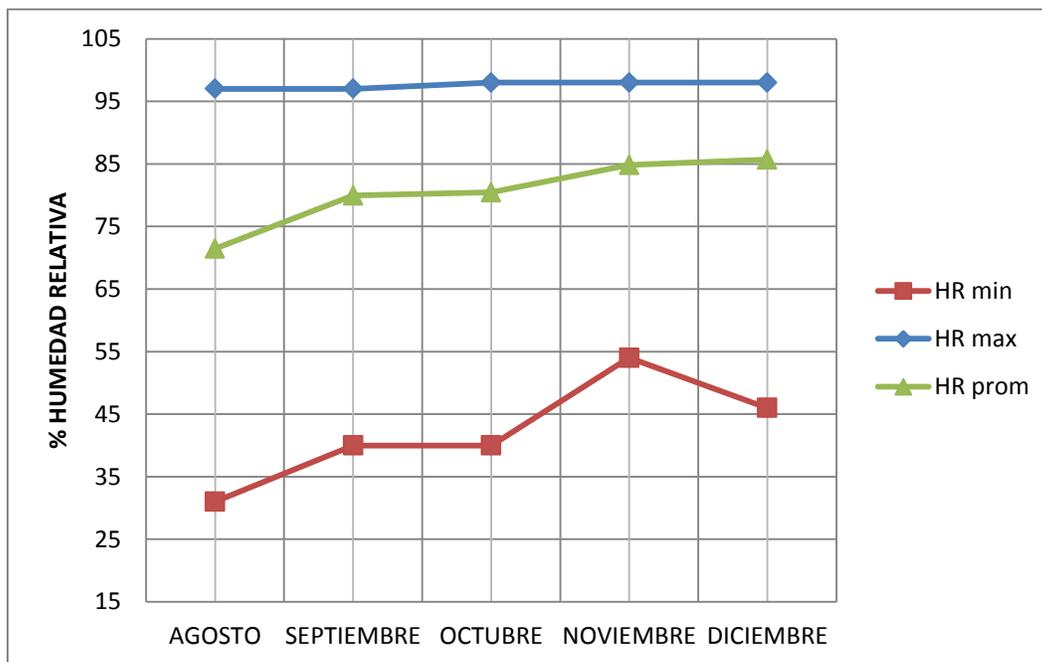


**Figura 25.** Energía Solar mensual acumulada de agosto a diciembre del 2010.

### 2.7.1.3. HUMEDAD RELATIVA

La evaporación es un fenómeno inverso de la humedad relativa, que se puede definir como el vapor de agua ya contenido en el aire. Se ha demostrado que, manteniendo los demás factores constantes, un aumento de la humedad relativa reduce la intensidad de la *evapotranspiración*, puesto que el gradiente de presión de vapor de agua entre la atmósfera y una superficie húmeda es alto. La capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta rápidamente con la temperatura: por tanto, el aire caliente del trópico contiene más vapor de agua que el aire frío de otras zonas. Esta variable es importante a la hora de determinar momentos climáticos que favorezcan el desarrollo de plagas y enfermedades, sin embargo para este estudio no se registraron porcentajes anormales por lo que no fue una variable incidente en el desarrollo del experimento.

En la figura 26 se registro el comportamiento de esta variable.



**Figura 26.** Humedad relativa registrada para los meses de agosto a diciembre del 2010.

#### 2.7.1.4. PRECIPITACION

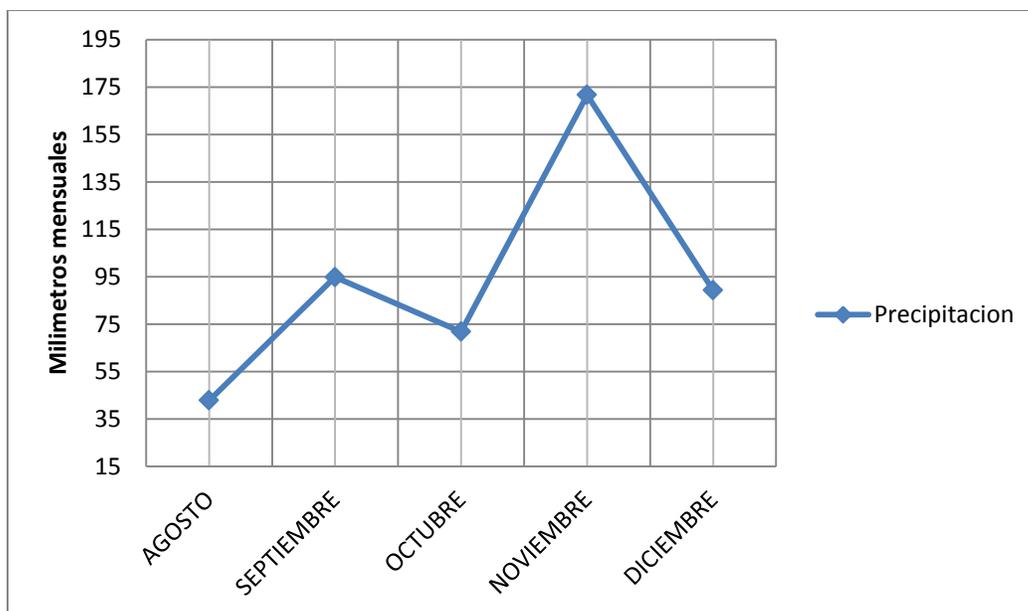
El arroz se cultiva no sólo con sistemas de riego, sino en zonas bajas con alta precipitación, en láminas de agua profunda y en condiciones de secano (lluvia estacional y suelo bien drenado).

En las tierras bajas, las plantas de arroz están expuestas a daños debidos a la sumersión en los sistemas de inundación; en las zonas altas, en cambio, pueden sufrir los efectos de la sequía, que se presenta con frecuencia. Se ha informado también que la precipitación fuerte puede agravar el volcamiento de las plantas, porque las hojas largas y cargadas de humedad son pesadas y, cuando tienden a juntarse, hacen volcar la planta (Kung, 1971).

Cuando se cultiva arroz con agua de lluvias y la temperatura está en el rango de los niveles críticos, la precipitación es el factor limitativo del desarrollo. Cuando se cultiva arroz con riego, el crecimiento y el rendimiento de las plantas están determinados, en gran parte, por la temperatura y por la radiación solar.

Esta variable no fue significativamente incidente en el tratamiento convencional, porque que la inundacion en la mayoría del ciclo productivo se mantuvo constante hasta la epoca donde se encuentro el grano maduro y se nesechito del suelo seco para la cosecha mecanizada. En el caso de el SICA, la precipitacion acumulada para los meses de agosto a octubre fue de 215 mm aproximadamente, este tiempo correspondio a las epocas de ahorro en el agua y permitio realizar esta labor sin inconvenientes ya que precipitaciones muy fuertes y constantes pueden hacer que los campos de arroz permanezcan inundados por varios dias, haciendo que los principios del SICA en cuanto a oxigenacion del suelo no se cumplan. Asi mismo los registros de lluvias no afectaron las plantas de las unidades experimentales por intensidad ni volcamiento.

En la figura 27 se muestra el comportamiento de la precipitacion a lo largo del experimento.



**Figura 27.** Precipitacion acumulada para los meses de agosto a diciembre del 2010.

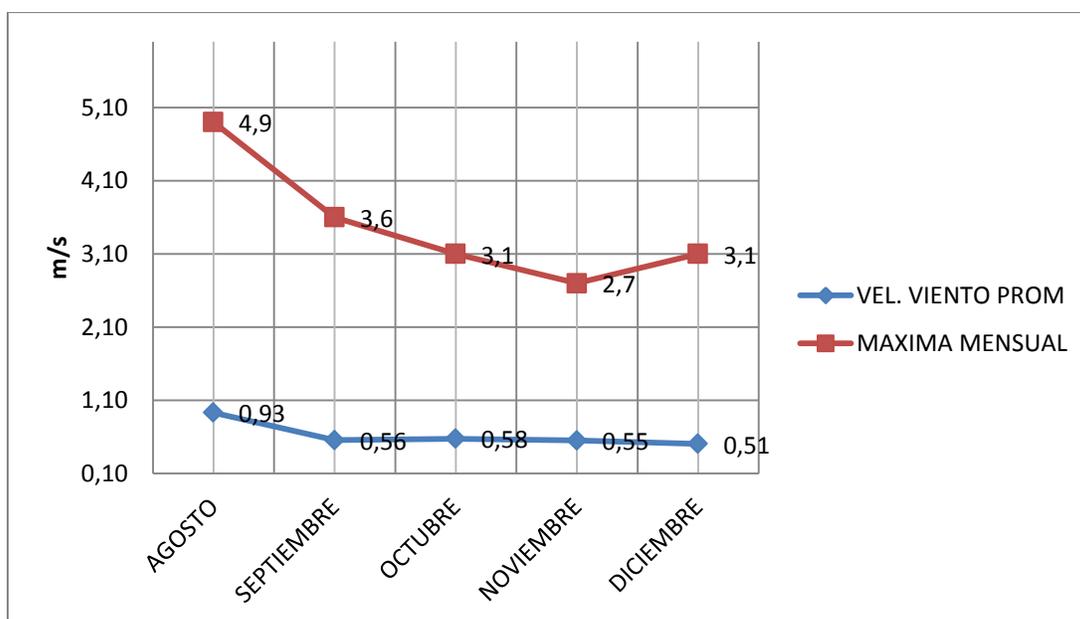
### 2.7.1.5. VELOCIDAD DEL VIENTO

El viento desempeña un papel importante en la vida de la planta de arroz. Se ha informado que cuando el viento sopla con poca velocidad, el rendimiento de la planta aumenta gracias a la turbulencia que se crea en medio de la comunidad de plantas. En los años 70, algunos investigadores japoneses hallaron que la tasa de fotosíntesis era mayor cuando aumentaba suavemente la velocidad del viento, ya que la turbulencia incrementaba el suministro de gas carbónico (CO<sub>2</sub>); este resultado confirmaba el obtenido en los 60 por un investigador australiano de que una velocidad del viento mayor que el rango de 0.3 a 0.9 m/s causaba un pequeño efecto en la fotosíntesis de la planta.

Por otro lado, los vientos fuertes con características de vendaval son perjudiciales para las plantas de arroz, puesto que incrementan el fenómeno del *volcamiento*. Los vientos muy secos han causado secamiento en las hojas, que es grave para los cultivos de secano. Los vientos secos y calientes han producido laceraciones en las hojas y en los granos y en muchos casos, han hecho abortar las flores. (Vargas, 2010)

Los resultados para el experimento registraron al mes de agosto como el mes en que el promedio de la velocidad se salió levemente (0,93 m/s) del rango establecido entre 0,3 y 0,9 m/s, pero estos vientos no afectaron significativamente al experimento porque el estado fenológico para para este mes era el de plántulas y el volcamiento que pudiera causar las velocidades máximas que correspondió a 33km/h. Sería importante y significativo el no tener que cosechar el arroz en los días donde se registren este tipo de velocidades máximas, como en el mes de agosto del 2010 para evitar pérdidas del rendimiento por volcamiento, así que para una buena programación de siembras y predicciones, estos registros históricos climáticos son una buena herramienta.

Las velocidades del viento( promedio y maximas) fueron registradas a lo largo del experiemnto, tal y como aparece en la figura 28.



**Figura 28.** Velocidad del viento registrado para los meses de agosto a diciembre del 2010

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Arvenses de importancia agronómica

Se identificó la presencia de arvenses, de las cuales se da a conocer una breve descripción en la tabla 3. Las fotografías se encuentran en el anexo 10.

Además de poder determinar claramente las arvenses para realizar los análisis de frecuencia, densidad y cobertura, se puede afirmar que de 9 especies registradas, 7 pertenecen a la familia poaceae, aunque por medio de los análisis poblacionales descritos en los siguientes numerales se pudo determinar que solo una especie represento resultados significativos en términos de densidad, frecuencia y cobertura la cual fue *Setaria viridis*. Es preciso anotar que fueron las especies *Fimbristylis miliacea* representante de la familia Cyperaceae y *Eclipta alba*, representante de la familia asteraceae las arvenses que presentaron registros altamente significativos en relación a la densidad, cobertura y frecuencia; como se puede observar en los siguientes numerales. Por lo tanto se puede afirmar que el estudio de estas tres arvenses ha de priorizarse para futuros ensayos, pueden considerarse malezas y deben ser las que se controlen y monitoreen con mayor detalle. Estas conclusiones concuerdan con lo reportado por (Suarez *et al.*2004), donde haciendo estudios de eficacia de herbicidas en campos de arroz, destacaron a *Fimbristylis miliacea*, *Eclipta alba* y Cola de zorro como malezas con altos porcentajes de frecuencia y densidad.

**Tabla 3.** Arvenses asociadas al experimento.

# SP	NOMBRE CIENTIFICO	ABREVIACION	NOMBRE VULGAR	FAMILIA	CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS			
					CICLO DE VIDA	TALLOS	HOJAS	RAIZ
1	<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	<i>Fim mil</i>	Barba de Indio	<i>Cyperaceae</i>	Anual	10 a 70 cm largos, de 1 mm gruesos	bi-orientadas, lineales, hasta de 40 cm largas	Subterránea y fasciculada
2	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) W. Clayton	<i>Rot exa</i>	Caminadora	<i>Poaceae</i>	Anual	de 50 a 200 cm	con vainas que tienen pelos hirsutos	Fulcra
3	<i>Setaria viridis</i>	<i>Set vir</i>	Cola de Zorro	<i>Poaceae</i>	Anual	150 cm	Hoja más joven enrollada	Subterránea
4	<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum.) Pilger	<i>Cyn ple</i>	Pasto estrella	<i>Poaceae</i>	Anual	Con entrenudos largos	Angosta y plana	Superficial estolonado

5	<b><i>Echinochloa colona</i> (L.) Link</b>	<i>Ech col</i>	Liendre Puerco	<i>Poaceae</i>	Anual	20-29 cm	Vainas glabras	Subterránea y fibrosa
6	<b><i>Andropogon bicornis</i></b>	<i>And bic</i>	Paja de burro	<i>Poaceae</i>	Anual	100 a 200 cm	Glabras	Rizoma
7	<b><i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.</b>	<i>Ecl alb</i>	Palo de agua	<i>Asteraceae</i>	Anual	terete	Opuestas, estrigosas	Rizoma
8	<b><i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenan</b>	<i>Mur nud</i>	Piña	<i>Commelinaceae</i>	Anual	terete	Envainadas con pelos marginales	reptante
9	<b><i>Portulaca oleracea</i> L.</b>	<i>Por ole</i>	Verdolaga	<i>Portulacaceae</i>	Anual	Suculentos y glabros	Simples y alteras	reptante

### 3.2. Comparación de las poblaciones de arvenses según variables de cobertura del arroz, cobertura de arvenses, densidad de arvenses y frecuencia de arvenses bajo diferentes manejos agronómicos

#### 3.2.1. Cobertura del arroz variedad F733

El análisis de la cobertura del arroz, debiera hacerse en conjunto con la cobertura de las arvenses, pero los resultados estadísticos arrojaron significancia conjunta solo en el estado fenológico del inicio del primordio. En este sentido se decidió analizar por separado arvenses y arroz porque existe un único punto de comparación, lo que no permite realizar correlaciones a través del tiempo ni análisis con significancia estadística.

El análisis estadístico solo reportó diferencias significativas para los estados fenológicos de Inicio del primordio y la Floración. El Análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registró diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre coberturas para los cuatro tratamientos. En ese sentido la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) separa claramente el tratamiento convencional de sus competidores.

#### Estado fenológico de inicio de los primordios 58DDT

Se comprobó que en el sistema convencional del cultivo del arroz se manejan coberturas aproximadas al 100% del espacio en un tiempo corto, dado por la densidad de siembra (aproximadamente  $200 \text{ Kg ha}^{-1}$ ), en el sistema SICA por el contrario, se manejan coberturas más bajas debido a la baja densidad de siembra ( $25 \text{ Kg ha}^{-1}$  para espaciamientos de 25cm entre plantas) como lo corrobora la figura 21 correspondiente al estado fenológico del inicio de primordio y la figura 22 correspondiente al estado fenológico de la floración.

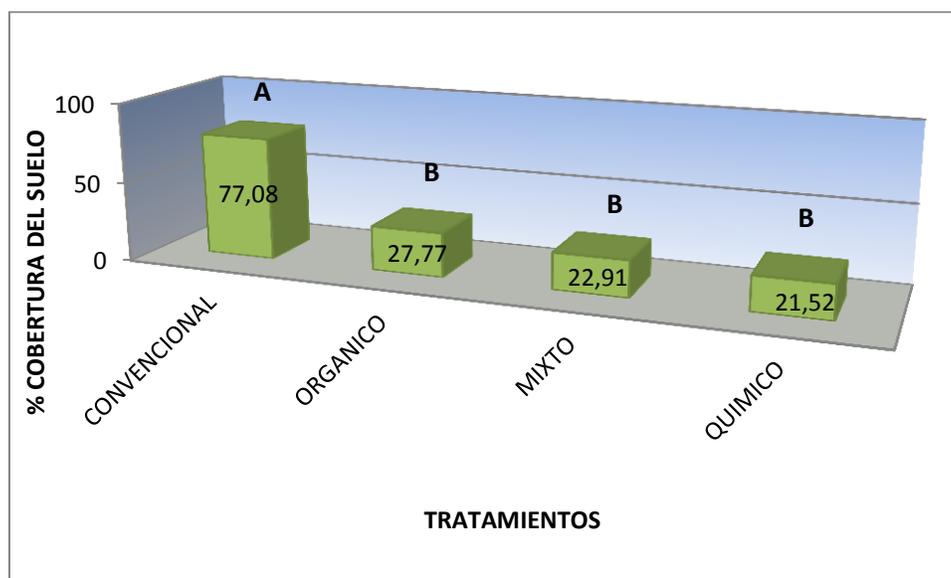
En la figura 29 se referencia el análisis DMS. Este comportamiento permite hacer dos análisis importantes. El primero, que el alto porcentaje de cobertura por parte de las plantas de arroz en el sistema convencional favorece el control de

las arvenses por simple competencia, mientras que en el sistema SICA existe un mayor porcentaje de suelo no cubierto lo que favorece la germinación de arvenses pues estas encuentran físicamente el espacio descubierto para germinar.

El segundo radica en la manera como se intervienen las arvenses en ambos sistemas. Parcialmente puede ser beneficioso el hecho de tener el suelo cubierto de arroz en poco tiempo o de realizar controles preventivos con herbicidas pre-emergentes, o pos emergentes como se hace en el sistema convencional, pero muchas de las arvenses presentes en estado de semillas no tienen la oportunidad de germinar; hecho que si ocurre en el SICA donde debido al porcentaje de suelo libre de arroz muchas de las arvenses son incorporadas al sistema de la planta como nutriente gracias a las labores culturales que se hacen con las desmalezadoras mecánicas (Uphoff *et al*, 2010), lo que confiere a las arvenses un efecto positivo en el sistema SICA siempre y cuando se controlen en estado de plántulas, donde aún son incapaces de competir significativamente por luz o nutrientes y no hayan generado semilla que vuelva a enriquecer el banco de las mismas en los suelos.

Al ir agotando el banco de semillas, ciclo tras ciclo de producción, la mano de obra se reduce debido a la facilidad con que se controlan las arvenses y a la ganancia en la habilidad por parte del agricultor para hacer la tarea. (Li, *et al*. 2005 ).

El análisis DMS agrupo a todos los tratamientos SICA en un nivel B, lo que estadísticamente no los hace diferentes a pesar de los manejos agronómicos tan distantes como lo son el orgánico y el químico. El tratamiento convencional se hace diferente y es muy notoria la gran cobertura del arroz, ubicándolo en un nivel A con casi el 80% del suelo cubierto.

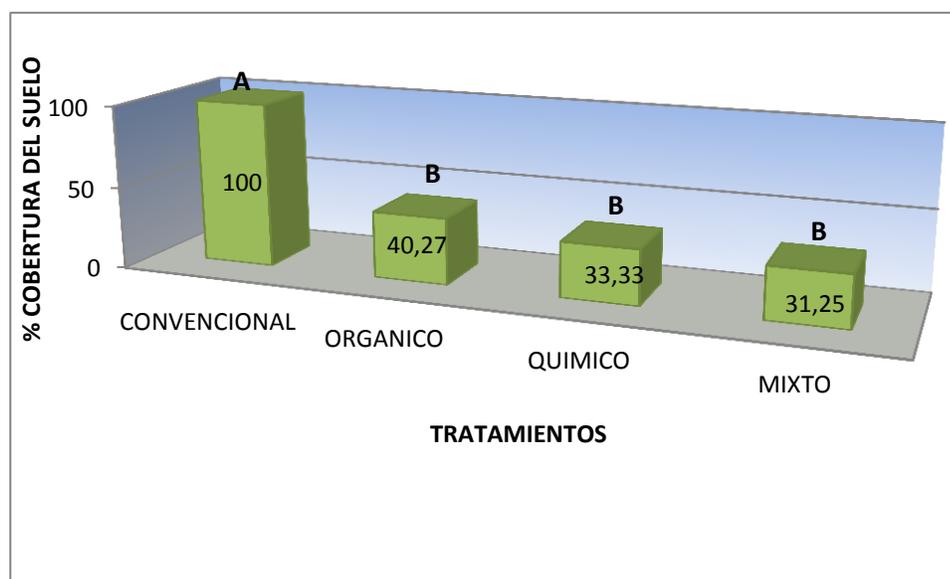


**Figura 29.** Porcentajes de cobertura del suelo por parte del arroz bajo diferentes tratamientos en el estado fenológico de Inicio de primordio. Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

### Cobertura en el estado fenológico de floración 69 DIAS DDT

En la figura 30 se observa el comportamiento de esta variable. El tratamiento convencional logro para el estado fenológico de la floración correspondiente a los 69 días de trasplantado ocupar el 100% del suelo, diferenciado en un nivel A. Los demás tratamientos correspondientes al sistema SICA se agruparon en un nivel B, siendo el tratamiento orgánico quien logro ocupar más espacio pues alcanzo el 40% del suelo cubierto con arroz.

Se puede afirmar que existe una fuerte relación entre la cobertura del arroz y la competencia interespecifica, puesto que el arroz se establece, cubre el suelo y a sí mismo en mayor o menor porcentaje. En el sistema convencional las plantas de arroz compiten por área y nutrientes, ocupando todo el espacio donde se encuentran establecidas, generando autosombreamiento e intercepción de nutrientes; mientras que las plantas de arroz en el SICA tienen la oportunidad de seguir creciendo sin interceptaciones, evitando obstaculizarse unas con otras por luz y nutrientes, esto conlleva a una mejor expresión de las plantas en cuanto a biomasa se refiere (Uphoff *et al*, 2010), y muy posiblemente explique por qué con menores coberturas versus sistemas convencionales, se pueda llegar a obtener mejores rendimientos.

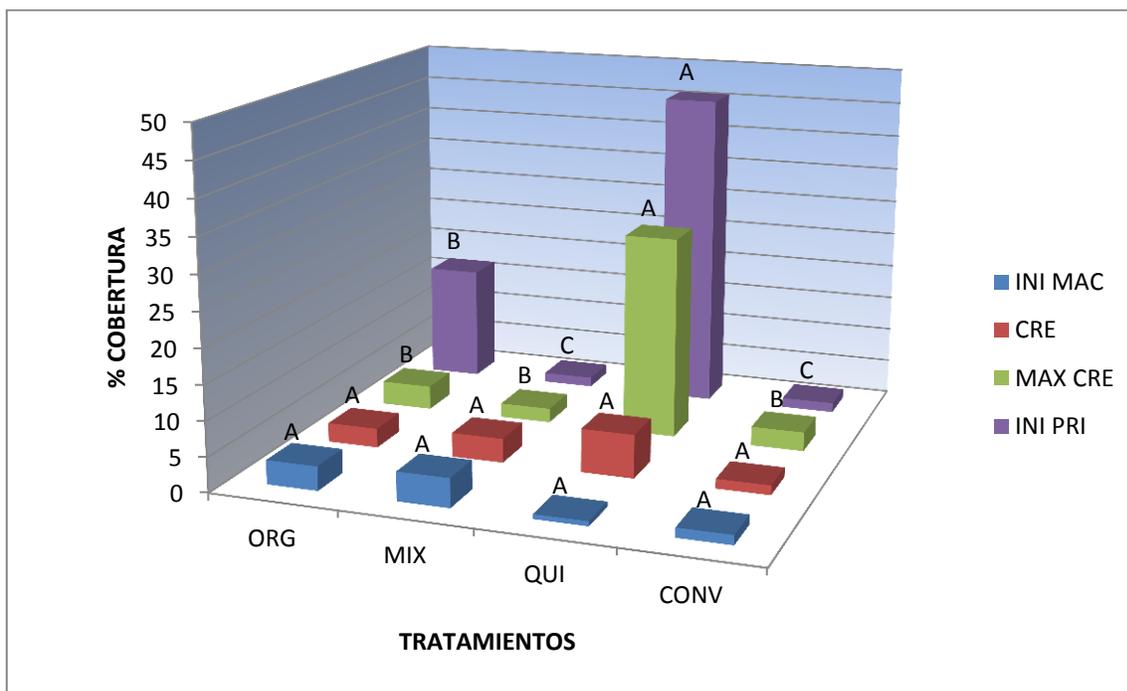


**Figura 30.** Porcentajes de cobertura del suelo por parte del arroz bajo diferentes tratamientos en el estado fenológico de la Floración.

### 3.2.2. Cobertura y densidad de arvenses a los 11, 26, 41 y 58 DDT

El Análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registro diferencias altamente significativas ( $P < 0,005$ ) entre coberturas de arvenses para los estados fenológicos de Inicio del macollamiento, crecimiento, máximo macollamiento e inicio del primordio correspondientes a los días 11, 26, 41 y 58 después del trasplante.

A continuación en la figura 31 se presentan los resultados del parámetro de % de cobertura en los diferentes estados fenológicos.



**Figura 31.** Cobertura de arvenses a los 11 (INI MAC), 26 (CRE), 41 (MAX CRE) y 58 (INI PRI) DDT bajo diferentes tratamientos.

En el estado fenológico de crecimiento (CRE) (26 DDT) Los resultados demuestran que el tratamiento químico aumento casi 10 veces la cobertura de arvenses respecto al muestreo del inicio del macollamiento (INI MAC), evidenciando fallas en la acción de herbicidas. Podría inferirse que el mismo problema se estaría evidenciando en el tratamiento convencional. Pero este mantuvo estable la cobertura de arvenses, explicándose posiblemente por la alta densidad de siembra y la cobertura del arroz, el cual estaba cubriendo el 77% del suelo, mientras que en el tratamiento SICA químico cubría tan solo el 22%.

En el estado fenológico de máximo macollamiento 41 DDT El tratamiento químico presento nuevamente un aumento, esta vez en casi 5 veces el área cubierta por arvenses comparado con el muestreo anterior, llegando aproximadamente al 30%

del suelo cubierto. Este valor demuestra que las medidas químicas de control de arvenses para el sistema químico no funcionaron debido a dos posibles causas. La primera corresponde a una deficiente dosificación del ingrediente activo conjunto a un modo de aplicación incorrecto, la segunda causa estaría dada por la reiteración en el uso de ingredientes activos que causan resistencia y tolerancia en las arvenses, (Suarez *et al.*2004) reportaron resistencia al herbicida halosulfuron-metil en poblaciones de Cola de Zorro *Setaria viridis* y Palo de gua *Eclipta alba* incluso con el doble de ingrediente activo recomendado.

Hernández, (2011) estudió en suelos arroceros Colombianos con historial de uso de herbicidas de más de 5 años, la respuesta a la aplicación en las diferentes concentraciones del herbicida bispiribac sodio, ampliamente usado en este estudio en los tratamientos químico y convencional. El estudio concluyó que el 65 % de las muestras de arvenses presentan resistencia en diferentes grados, con índices de resistencia entre 2 y 42, lo que sugiere que de seguir con el uso repetitivo de este herbicida se continuarán seleccionando plantas resistentes e incrementando el grado de resistencia de esta arvense al herbicida en mención.

Al evidenciar la falta del control de las arvenses en el tratamiento químico se hizo necesario una posible intervención con métodos mecánicos ya que después de esta fecha correspondiente a los 41 días después de trasplante, no se pueden realizar más controles químico sintéticos y de no hacerse la intervención las arvenses terminan por ahogar a las plantas de arroz ya que son más competitivas y los rendimientos se ven drásticamente disminuidos, sin embargo se decidió esperar al siguiente muestreo para darle tiempo a la acción de los herbicidas.

Se debe resaltar que en el tratamiento convencional también hubo que hacer una erradicación manual de arvenses; ya que los productos y época de aplicación fue la misma que en el tratamiento químico; de tal modo que arvenses como *Setaria viridis* conocida comúnmente como Cola de Zorro no pudo ser controlada bajo el método químico sintético y entra dentro de la metodología del proceso de cultivo del arroz convencional hacer erradicaciones manuales en lotes donde se presentan problemas de arvenses. Lo inusual radicó en que se necesitó de 4 veces más mano de obra de lo habitual.

La presencia y los resultados obtenidos en esta investigación le confiere la consideración de maleza a *Setaria viridis*, aunque ha de tenerse presente que esta arvense representa inconvenientes principalmente en el cultivo de la soya por ser un cultivo altamente dependiente de herbicidas que en los últimos años han presentado muchos inconvenientes; en este sentido y para su control se encuentran diversas familias químicas que inhiben el desarrollo de los microtúbulos celulares; entre ellas están las dinitroanilinas, y una de éstas, la pendimetalina, que es ingrediente activo de un herbicida que se aplica al arroz, ampliamente usado en este estudio en los tratamientos químico y convencional, Clavijo, (2010) reporta que existen 3,5% de biotipos de malezas como *Setaria viridis* resistentes al herbicida pendimetalina, lo que puede estar sugiriendo dos cosas, la primera que dentro de ese 3,5% de biotipos se encuentra el que se halló en esta investigación y la segunda que ese pequeño porcentaje de biotipos (3,5%) puede estar aumentando considerablemente.

En el estado fenológico de inicio de primordios (56ddt) la cobertura de arvenses para el tratamiento químico nuevamente siguió incrementando el área, esta vez en un 50% de más con respecto al muestreo de los 41 DDT. Por tanto se decidió inminentemente hacer la erradicación manual así como se realizó en el tratamiento convencional pues de lo contrario este tratamiento se habría echado a perder por completo.

El tratamiento orgánico presentó un incremento considerable, casi 5 veces lo reportado con el muestreo anterior, posiblemente explicado por una deficiente labor en el accionar del desmalezador mecánico, no siendo así para los tratamientos mixto y convencional quienes mostraron valores muy bajos de cobertura menores al 2%.

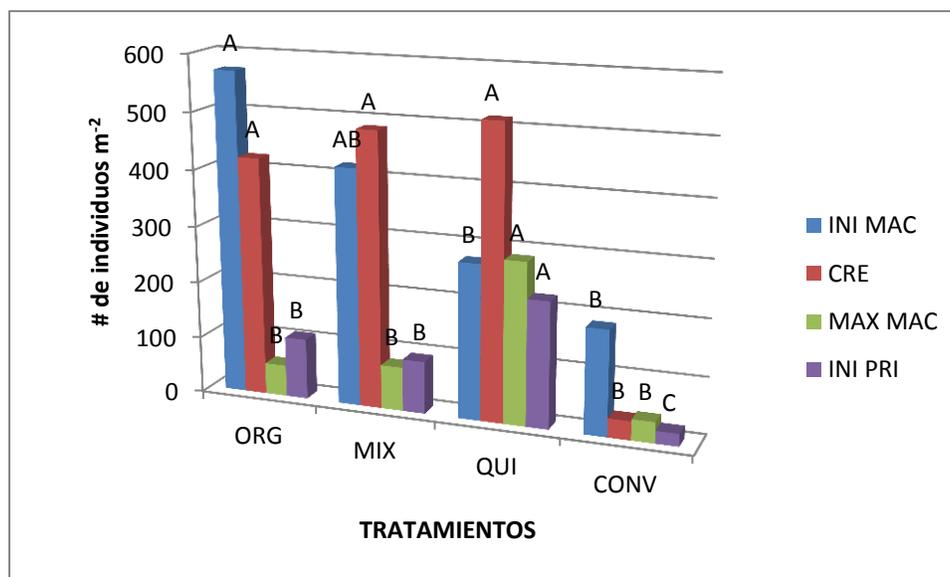
El análisis DMS (tabla 4) permitió evidenciar cambios significativos hasta el día 41 DDT, correspondiente al estado fenológico de máximo macollamiento, donde el tratamiento químico demostraba coberturas del suelo cercanas al 30% lo que significaba que los controles a las arvenses no estaban siendo efectivos. Esto se comprobó en el estado fenológico del inicio de, primordio, donde la cobertura de arvenses alcanzo el 46%. Estos resultados respaldan la decisión de intervenir las arvenses con erradicación manual pues la deficiente acción de los herbicidas fue evidente. Este comportamiento se debió probablemente a resistencias por parte de las malezas a los herbicidas, Valverde *et al.* (2000) exponen el procedimiento para la detección de malezas resistentes a herbicidas en campo, y aunque no se pudo determinar con exactitud si la resistencia existió, si se descarta una deficiente dosificación o modo de empleo porque en toda la zona en rededor al estudio se reportó por parte de los productores problemas con la acción de los herbicidas que inhiben la ALS (acetolactato sintasa). (Jasieniuk *et al.*, 1996) determinaron que la resistencia gobernada por genes recesivos se propaga mejor en las especies autógenas; por ejemplo, en *Setaria viridis*. Esta resistencia es muy rara; un ejemplo específico es la resistencia que ocurre con la trifluralina, que es controlada por un par de alelos recesivos. En especies en que la autopolinización es muy intensa, los alelos mutantes recesivos se propagan casi tan rápidamente como los dominantes (Jasieniuk *et al.*, 1996).

**Tabla 4.** Análisis DMS de la cobertura de arvenses en los estados fenológicos con diferencias significativas. Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

ESTADO FENOLOGICO	INICIO DEL MACOLLAMIENTO		CRECIMIENTO		MAXIMO MACOLLAMEINTO		INICIO DEL PRIMORDIO	
	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA
MIXTO	A	4,16	A	3,47	B	2,08	C	1,38
ORGANICO	A	3,47	A	2,77	B	3,47	B	16,66
CONVENCIONAL	A	1,38	A	1,38	B	2,77	C	1,38
QUIMICO	A	0,69	A	6,25	A	29,16	A	45,83

### Densidad de arvenses

El Análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registro diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre densidades de arvenses para los estados fenológicos de inicio del macollamiento (INI MAC), crecimiento (CRE), máximo macollamiento (MAX MAC) e inicio del primordio (INI PRI) correspondientes a los días 11, 26, 41 y 58 después del trasplante. En la figura 32 se presentan los resultados del parámetro de la densidad de individuos en los diferentes estados fenológicos.



**Figura 32.** Densidad de arvenses a los 11 (INI MAC), 26 (CRE), 41 (MAX MAC) y 58 (INI PRI) DDT bajo diferentes tratamientos.

El tratamiento SICA químico fue el único tratamiento que mantuvo las poblaciones relativamente similares desde el inicio del macollamiento hasta el inicio del primordio (figura 32), lo que significa que los medios usados en la intención de disminuir la densidad de arvenses no fueron los adecuados. Los tratamientos SICA orgánico, SICA mixto y convencional describieron tendencias a la baja, llegando a un número menor o igual a 100 individuos por  $m^2$  lo que aseguro que en la competencia por nutrientes y luz fuere positiva para las plantas de arroz. La interferencia de malezas en arroz ha sido documentada por Pabón (1990), Fischer (1997) y Ortiz *et al* (2004), quienes concluyeron que las pérdidas en los rendimientos de los cultivos de arroz dependen, entre otros factores, de la densidad de las malezas del arroz y de la duración de la interferencia.

Esto va en contravía con lo que se muestra en los resultados aquí demostrados, no obstante, las conclusiones de los mencionados autores se hicieron en estudios de arroz convencional, por lo que estudios de poblaciones de arvenses en modelos SICA han de estudiarse con mayor profundidad de aquí en adelante, ya que este sistema incorpora a las arvenses en un sistema integral de nutrición al suelo. Es necesario hacer un estudio científico sobre los efectos de este tipo de deshierbe, y sobre lo que implica a nivel biológico y nutricional adicionar periódicamente poblaciones de arvenses al cultivo del arroz, pero los datos obtenidos en

Madagascar y Nepal han demostrado que deshierbes adicionales, más allá de los necesarios para el control de malezas, pueden producir un rendimiento de una a dos toneladas más por hectárea, sin la aplicación adicional de nutrientes químicos (Uphoff *et al*, 2006)

En el estado fenológico de inicio de primordios 59 DDT Resalta el incremento de la densidad de arvenses en el tratamiento orgánico aproximado al 100%, este efecto se asocia al incremento en la cobertura para este mismo estado fenológico también explicado por una deficiente labor con la desmalezadora mecánica, además demuestra que los campos del estudio presentan malezas con alto poder y vigor germinativo tales como *Setaria viridis*, *Eclipta alba* y *Fimbristylis miliacea*, Fuentes *et al* (2010) reportan a estas arvenses como parte de las 25 especies de mayor importancia en los cultivos de arroz de América Latina, así mismo sugieren una clasificación según su densidad y frecuencia (dominantes, secundarias, poco frecuentes y raras), por tanto estas especies son eminentemente dominantes. En otros estudios se hace referencia a la importancia de las densidades de arvenses, por ejemplo Suarez *et al.* (2004), referencian en suelos cultivados con arroz a *Fimbristylis miliacea*, *Eclipta alba*, *Echinochloa colona* y *Setaria viridis* con densidades de 154, 54, 84 y 44 individuos por metro cuadrado respectivamente, siendo las arvenses más densas. Lo que concuerda con los registros obtenidos en esta investigación, siendo notable en los dos casos, las diferentes localizaciones geográficas y características de suelos, lo que indica la estrecha relación entre esas malezas y el arroz.

El análisis DMS (tabla 5) muestra como a excepción del tratamiento químico, todos los demás lograron disminuir las poblaciones a través del tiempo. Destaca al confirmar al tratamiento químico como el que mayores problemas tuvo a la hora de regular las poblaciones de arvenses.

**Tabla 5.** Análisis DMS para la densidad de arvenses en los diferentes estados fenológicos.

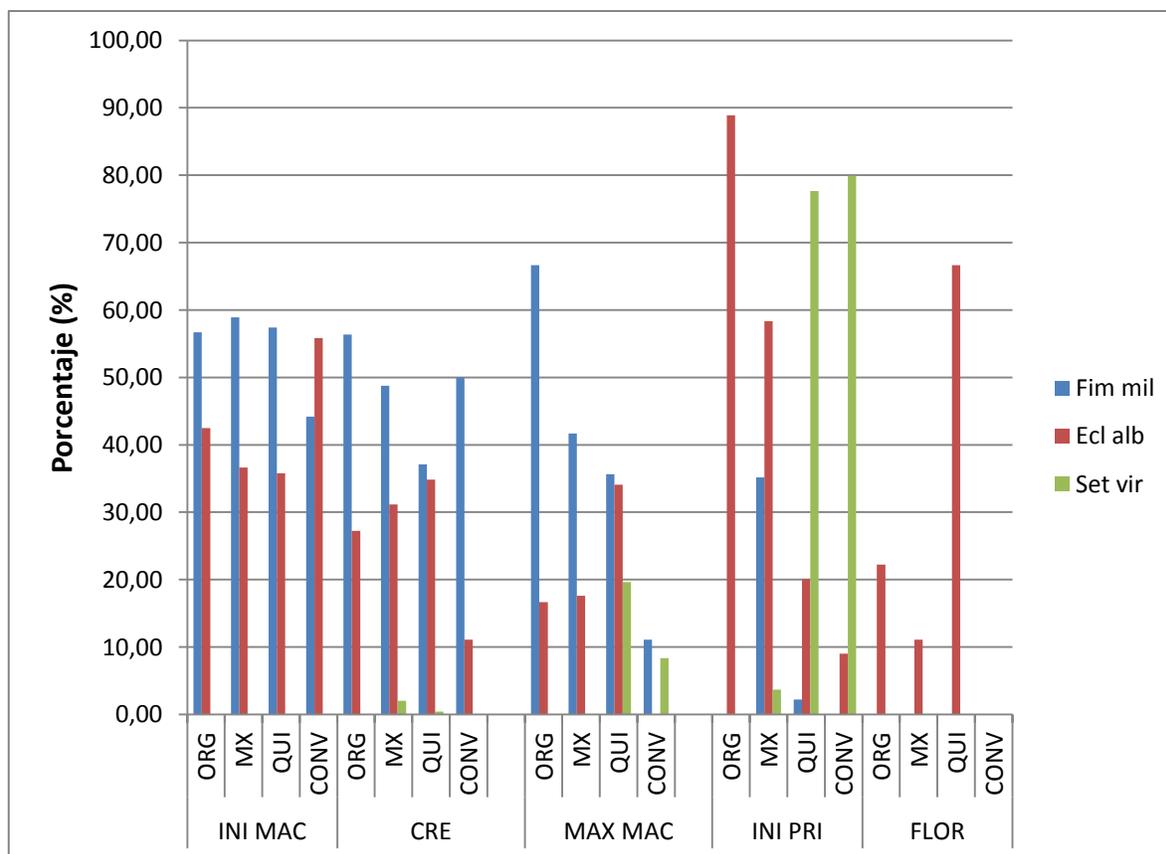
ESTADO FENOLOGICO	INICIO DEL MACOLLAMIENTO		CRECIMIENTO		MAXIMO MACOLLAMIENTO		INICIO DEL PRIMORDIO	
	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA
<b>ORGANICO</b>	A	570,4	A	422,2	B	55,56	B	107,41
<b>MIXTO</b>	AB	418,5	A	485,2	B	77,78	B	92,59
<b>QUIMICO</b>	B	274,1	A	514,8	A	285,19	A	222,22
<b>CONVENCIONAL</b>	B	185,2	B	33,3	B	37,04	C	22,22

### 3.3. Frecuencia de arvenses en los diferentes tratamientos a los 11, 26, 41, 58 y 69 DDT

A continuación se expone el comportamiento de las frecuencias de arvenses a través de los 5 muestreos realizados. Para efectos de mostrar con claridad los resultados se utilizó la clave abreviada para los nombres científicos de las arvenses registradas, la cual consiste en usar las tres primeras letras del nombre científico como se expresa en la tabla 3.

A los 11 días después del trasplante Las malezas con mayor frecuencia para los 4 tratamientos fueron *Fimbristylis miliacea* con valores máximos y mínimos entre 58.9% en el sistema mixto y 44,2% en el sistema convencional y *Eclipta alba* con valores máximos y mínimos 55,8% para el sistema convencional y 35,8% para el SICA químico. El resultado demuestra que posiblemente el banco de semillas para el lugar de estudio se encuentra infestado de estas malezas lo cual concuerda con lo expuesto por Fuentes *et al.* (2010), donde considera a estas malezas como las más importantes en relación a cobertura, densidad y frecuencia para el cultivo del arroz. Este resultado se debe al mal manejo del suelo (el abandono del lote es una primer hipótesis o el uso prolongado e inapropiado de los mismos grupos químicos en los herbicidas puede causar resistencia, lo cual es una segunda hipótesis Hernández, (2011).

Las frecuencias que se muestran en la figura 33 corresponden a las malezas dominantes en lo que respecta a este estudio, las demás arvenses encontradas y su comportamiento se referencia en las figuras del anexo 12.



**Figura 33.** Frecuencias para las malezas *Fimbristylis miliacea* (Fim mil), *Eclipta alba* (Ecl alb) y *Setaria viridis* ( Set vir) a través del tiempo.

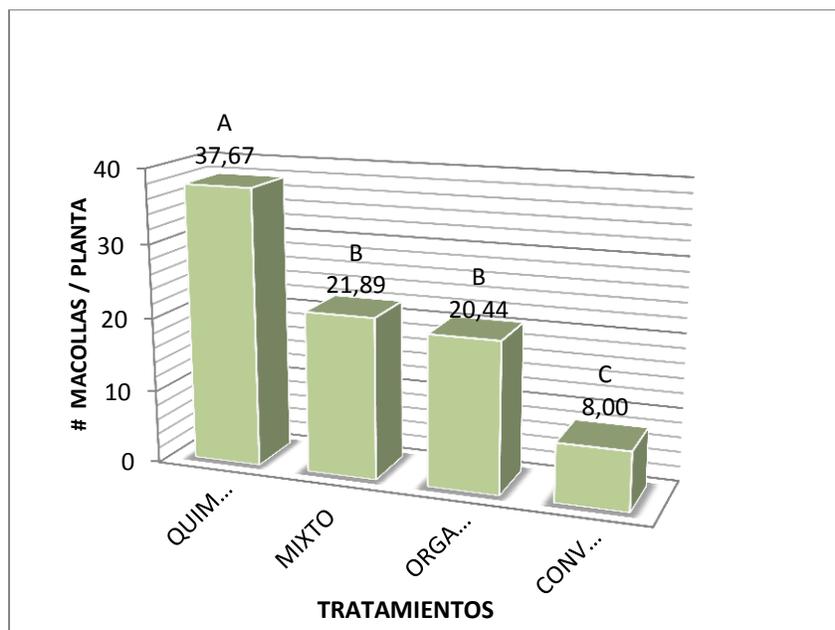
Evaluaciones de eficacia de herbicidas en campos de arroz realizadas en Venezuela en el 2004, encontraron frecuencias para malezas *Fimbristylis miliacea* del 100%, para *Eclipta alba* del 100% y para *Setaria viridis* del 80% considerándolas como las más frecuentes (Suarez *et al.*, 2004), lo que concuerda con lo hallado en este estudio y complementa los valores expuestos anteriormente en las variables de cobertura y densidad de arvenses al considerar a estas especies como malezas dominantes. ). Debe evitarse que estas arvenses lleguen a producir semilla, su control debe hacerse en estados de crecimiento y antes de su etapa reproductiva, sea con métodos físicos o químicos. Preferiblemente físicos por las consideraciones expuestas anteriormente.

### 3.4. Análisis de los factores de rendimiento y variables morfo-agronómicas

#### 3.4.1. Número de macollas por planta

Al analizar esta variable se encontró que el análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registró diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos. En la figura 34 se presentan las medias de cada tratamiento y el análisis DMS, (prueba de diferencia mínima significativa) que separó estadísticamente a los tratamientos químico (A) y convencional (C), no ocurrió así para los tratamientos orgánico y mixto quienes resultaron en el mismo grupo (B) sin embargo este efecto no se vio reflejado en los rendimientos, pues si bien, el tratamiento químico obtuvo los valores más altos de macollamiento, no fue precisamente el tratamiento más productivo, Riveros y Rodríguez, (2010) explican este comportamiento de las plantas de arroz cuando crecen en ambientes densos y poco densos y citan a Stoop et al., (2002) quienes explican el comportamiento del macollamiento en el SICA.

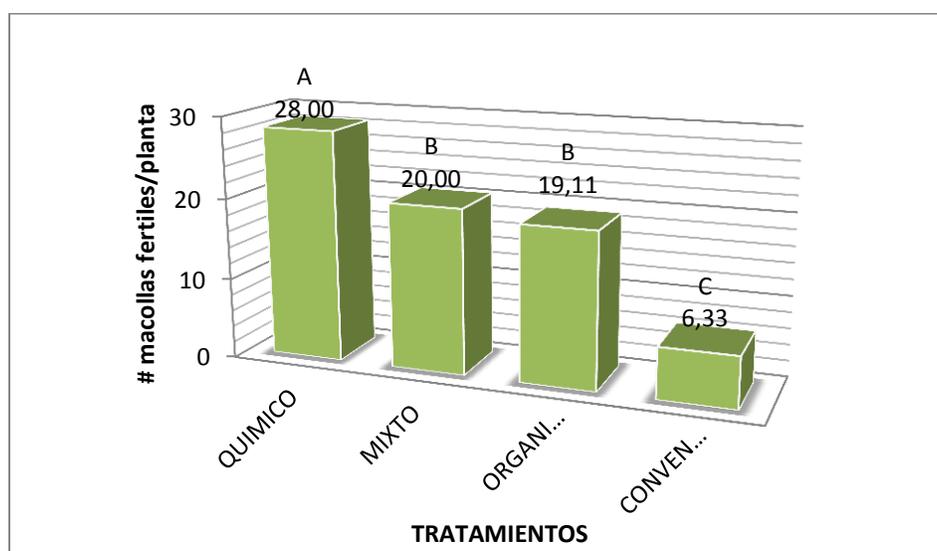
El macollamiento en el SICA es muy importante pues es una característica que indica la ventaja que las plantas de arroz presentan al no tener competencia intraespecífica. Así mismo, al tener más área fotosintética, la planta puede producir más carbohidratos necesarios para los momentos fisiológicos críticos como la floración, la fecundación y el llenado del grano.



**Figura 34.** Número de macollas por planta discriminado por grupos según test DMS.

### 3.4.2. Número de macollas fértiles por planta

En cuanto a los resultados del número de macollas fértiles por planta se encontró que el análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registró diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos. Esta variable demuestra la presencia de las espigas en las plantas por tanto es una de las variables más importantes en cuanto a la evaluación del rendimiento del arroz. En la figura 35 se muestra el comportamiento en los diferentes tratamientos. La tendencia fue la misma que en la variable número de macollas por planta, el tratamiento químico obtuvo la mejor agrupación (A), siendo los tratamientos mixto y orgánico estadísticamente iguales (B). El tratamiento convencional presentó un pobre macollamiento acorde con las altas densidades de siembra.



**Figura 35.** Número de macollas fértiles por planta discriminado por grupos según test DMS.

Es posible que haya una relación estrecha entre macollamiento y rendimiento (Wu *et al.*, 1998). Cuando se establecen poblaciones poco densas, especialmente si las plantas disponen de radiación solar, de nutrientes y de agua en abundancia y si, además, lo anterior ocurre hacia el final de la fase vegetativa y en la primera mitad de la fase reproductiva (cuando se define el número de panículas). En cambio, si la población de plantas es numerosa, no debe esperarse en ella una relación entre rendimiento y macollamiento, porque la mayoría de las panículas se habrá originado en el tallo principal de las plantas. (Riveros y Rodríguez, 2010).

En 1983 se descubrió en Madagascar un sistema de “intensificación” del cultivo del arroz (SICA) que se aplica actualmente en varios países asiáticos. Se basa este sistema en el desarrollo de plantas vigorosas mediante prácticas de manejo que reduce la competencia entre las plantas al comienzo del crecimiento. Estas plantas tienen raíces abundantes y profundas, producen de 30 a 100 macollas por planta (muchas de ellas efectivas), y sus panículas desarrollan muchos

granos. Hay informes de que este sistema permite obtener rendimientos superiores a 8 ton ha<sup>-1</sup> (más que las variedades tradicionales), en suelos pobres y sin aplicar fertilizantes químicos (Stoop et al., 2002).

El resultado que en esta investigación se obtuvo es positivo y concuerda con el mayor macollamiento que se espera al implementar un SICA, sin embargo para el caso de Colombia han de hacerse precisiones en base a lo que se ha podido analizar en ensayos previos (Purificación, Tolima) a esta investigación comenzados en el 2009 y hasta la fecha no publicados. (Launanié, 1993) explica cómo es posible llegar a 100 macollas por planta con metodología SICA. Existe una teoría fisiológica que explica el alto grado de macollamiento en los SICA. Se trata de los phyllochron; estos representan ciclos de crecimiento de la planta de arroz, incluyendo sus raíces y sus hojas, por tanto es un período de tiempo biológico, (Nemoto *et al.* 1995).

Si bien es cierto que en comparación con el sistema convencional, los tratamientos SICA superaron en más del 300% el número de macollas fértiles, se está muy lejos de alcanzar las 100 macollas por planta o más, que en países asiáticos han conseguido. En reportes Ecuatorianos (Gil, 2008), se ha conseguido hasta 45 macollas fértiles por planta en distancias de siembra de 40cm x 40 cm. Estos resultados indican que en la latitud Colombiana muy difícilmente se puede pensar en llegar a un macollamiento como el reportado en Madagascar por (Uphoff, 2011).

Estrategias como las de utilizar variedades de larga duración (130 días) son válidas para el caso colombiano, ya que estas utilizan las reservas fotosintéticas de la prefloración más eficientemente que las variedades de corta duración. En los trópicos se acumulan en las macollas del 10% al 15% de los carbohidratos durante la época seca del año (Sharma y Singh, 1999), Las reservas fotosintéticas de la prefloración sostienen la formación de los granos y estabilizan el rendimiento, especialmente en condiciones de estrés, tales como una luminosidad baja, la escasez de agua, o la incidencia de insectos dañinos y de enfermedades. Todas estas condiciones propias del ambiente Colombiano.

Por tanto no ha de ser un inconveniente el que no se puedan alcanzar las macollas de otras latitudes, pues las condiciones agroecológicas del país y la variedad genética del arroz disponible para el agricultor Colombiano permite la producción de plantas de arroz con macollamientos de 20 a 30 por planta usando distancias de siembra de 25 cm a 30 cm sin que con ello no se logren rendimientos superiores a los convencionales.

Se hace importante resaltar una conclusión hecha por Launanié, (1993) y sustentada por la teoría de los phyllocroms (Nemoto et al., 1995), la cual dice que las macollas que no aparecen en el debido lugar y en su debido tiempo nunca aparecerán. En este sentido, adicional a los cuidados necesarios en los momentos del trasplante a campo de las plántulas de arroz, ha de mantenerse un estricto cuidado fitosanitario con plagas claves como *Hydrellia sp.*, (Pulver, 2010) hace recomendaciones explícitas sobre esta plaga en América Latina y el Caribe. En el caso puntual de este experimento, las plántulas de las unidades experimentales sufrieron fuertes daños reportados en el anexo 11, por lo que phyllocroms fueron afectados y por ende el macollamiento, ya que como toda macolla, en su

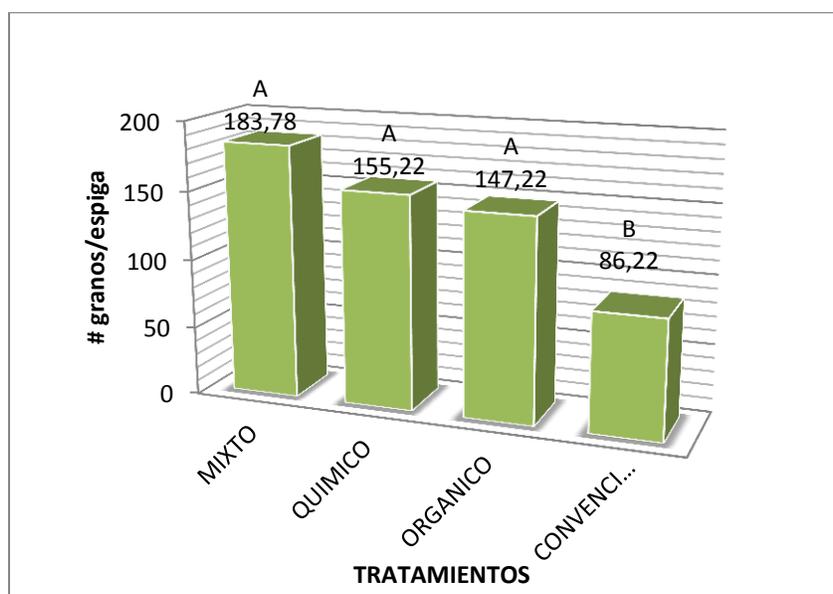
momento fisiológico soportará otras macollas, las cuales llevarán a otras, si una se pierde en estados iniciales del macollamiento, la pérdida es exponencial.

### 3.4.3. Número de granos por espiga

El análisis de varianza para la variable de número de granos por espiga (Anexo 1) registro diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos.

Esta variable ratifica que los SICA obtienen muchos más granos de arroz por panícula (Uphoff *et al.*, 2010), por lo que permite explicar la forma como las plantas de arroz SICA son más productivas en relación a plantas de sistemas convencionales.

Esta variable es de primer orden a la hora de evaluar el rendimiento del cultivo del arroz, su comportamiento se evidencia en la figura 36.



**Figura 36.** Número de granos por espiga con agrupación según prueba DMS

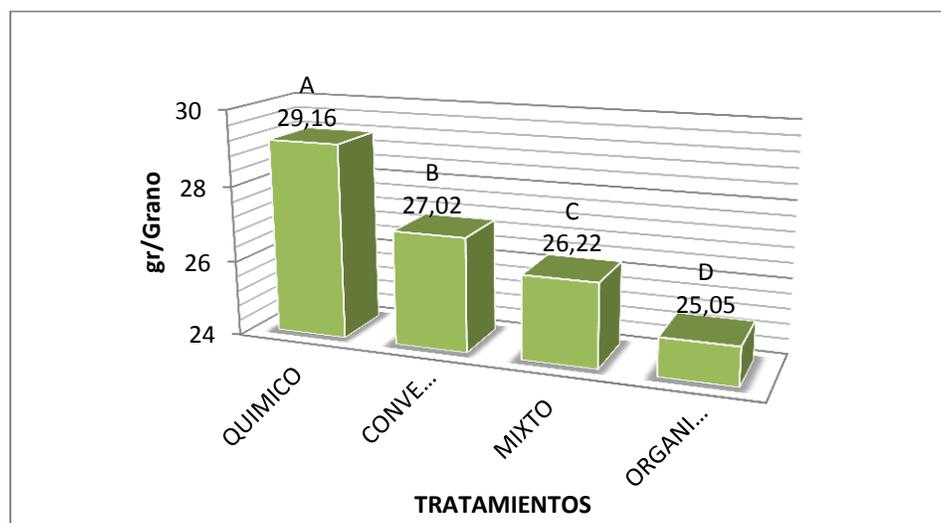
El análisis (DMS) llevo a agrupar a los 3 tratamientos correspondientes al sistema SICA en un nivel (A), siendo muy notoria la diferencia versus el sistema convencional (B), de esta modo se comprueba cómo se pueden alcanzar altos rendimientos bajo el modelo SICA.

En sistemas convencionales, la producción de arroz se encuentra aún en la etapa de  $6 \text{ ton ha}^{-1}$  de rendimiento empleando variedades cuyo rendimiento potencial es de  $10 \text{ ton ha}^{-1}$ ; es necesario, por tanto, hacer cambios en las prácticas agronómicas para aumentar el rendimiento. Por ejemplo, si la meta es un rendimiento de  $7 \text{ t/ha}$ , hay que obtener  $0.7 \text{ kg/m}^2$  de grano. Estos  $700 \text{ g}$  se obtienen con la producción de  $366 \text{ panículas/m}^2$ , porque cada una aporta  $85$  granos y el peso de  $1000$  granos es de  $22.5 \text{ g}$ . Suponiendo que no hay macollamiento (que compensaría por las plantas perdidas), Las  $366$  panículas provienen de  $366$  plantas  $\text{m}^{-2}$ , una densidad que se obtiene con  $84 \text{ kg ha}^{-1}$  de semilla. Si cada Planta de la variedad empleada produce una macolla, se necesitarían solamente  $42 \text{ kg/ha}$  de semilla. (Riveros G, Rodríguez N, 2010).

Si en un SICA se cuenta con 16 plantas por metro cuadrado y cada planta con 20 macollas fértiles, se esta hablando de 320 panículas en cada  $m^2$  y con un promedio de 140 granos por panícula (en el caso del tratamiento organico fue 147) y el peso de 1000 granos es de 22.5 g se estaría proyectando un potencial de 10 Ton/Ha. Fácilmente el rendimiento del sistema convencional seria superado por el SICA en la latitud Colombiana a través del tiempo, ya que en países como Madagascar se han reportado rendimientos de  $20 \text{ Ton Ha}^{-1}$  con más de 100 macollas por planta y distancias de 50cm entre plantas donde se empezó con rendimientos de  $2 \text{ Ton ha}^{-1}$ , en Ecuador reportan rendimientos en primeras experiencias SICA de  $8,8 \text{ Ton ha}^{-1}$  con macollamientos de 46 por planta y distancias de 40 cm (Gil, 2008).

#### 3.4.4. Peso de 1000 granos

Al analizar esta variable se encontró que el análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registro diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos. Podría pensarse que la diferencia existente entre el SICA químico y el SICA orgánico estaría representando la misma tendencia en proporción al rendimiento, pero en realidad se pudo comprobar que los rendimientos en molino fueron muy similares, lo que lleva a concluir que las fertilizaciones químico-sintéticas permiten que se acumule mayor cantidad de biomasa expresada en la cascara o cascarilla del arroz. A continuación se muestra el resultado en la figura 37.



**Figura 37.** Peso de 1000 granos con agrupación según test DMS

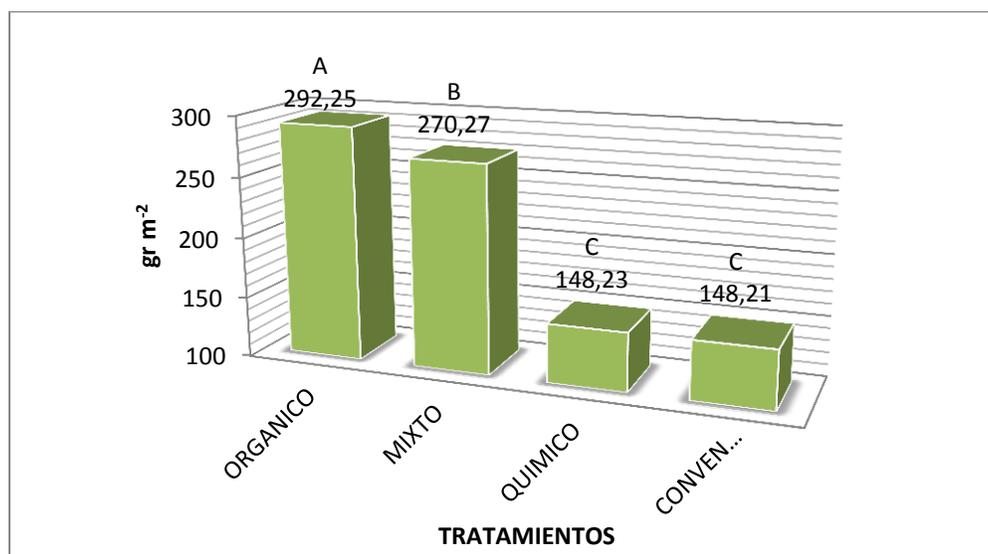
El análisis arrojó diferencia significativa para todos los tratamientos siendo cada uno estadísticamente distinto, también es muy notoria la diferencia que existió entre el tratamiento químico y el orgánico ya que este último obtuvo un peso de 14,2% menos que el químico, sin embargo esta diferencia no se notó en absoluto en el rendimiento del molino, una variable evaluada en la etapa de calidad del arroz, por tanto se puede afirmar que para este estudio la fertilización química favoreció la acumulación de materia seca en la cascara o envoltura del grano.

### 3.4.5. Biomasa radical

En cuanto a los resultados de la biomasa radical se encontró que el análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registro diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos.

Según lo evidenciado en los resultados del análisis estadístico, se puede afirmar que la fertilización orgánica favoreció el desarrollo radical ya que aunque el sistema SICA químico siguió gran parte de los principios SICA, los registros de biomasa radical indicaron un pobre desarrollo también evidenciado en el sistema convencional. Los dos tratamientos en mención no recibieron fertilización orgánica y obtuvieron apenas menos del 50% de biomasa en relación a los tratamientos orgánico y mixto.

Estos resultados en parte explican la ganancia en rendimiento que obtuvo el SICA orgánico, pero no ocurrió así para el SICA mixto, lo que hace al vaneamiento (granos vacíos) del grano la variable de respuesta que explique este resultado. El vaneamiento de las panículas que pudo haber sufrido el SICA mixto debió verse reflejado en la variable de Biomasa aérea y puede corresponder a factores ambientales o fitosanitarios Satake, (1969) y Rush, *et al* (2010). El comportamiento de esta variable se observa en la figura 38.



**Figura 38.** Biomasa radical por metro cuadrado expresada en gramos con agrupaciones según test DMS.

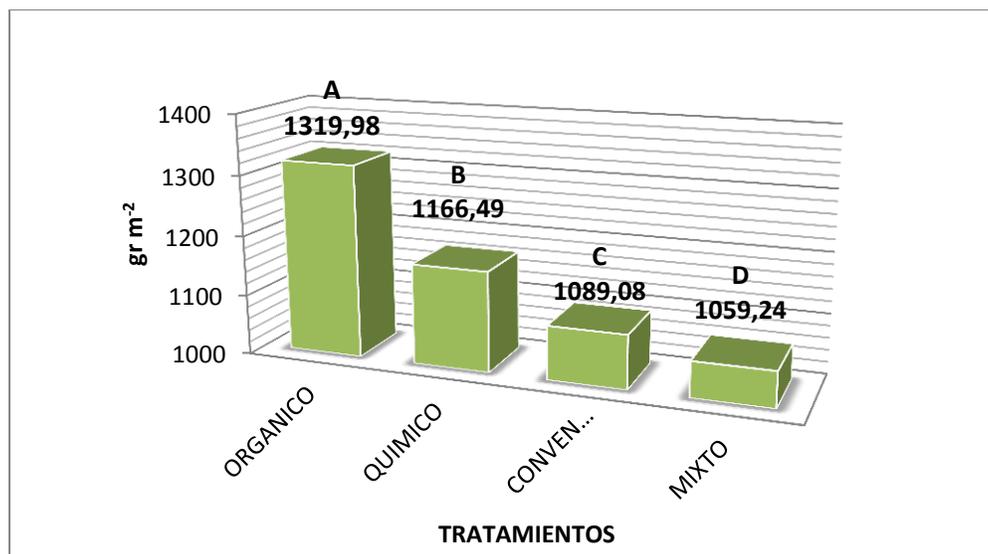
El agrupamiento evidenciado mostro diferencias significativas entre los tratamientos orgánico y mixto, mientras que los tratamientos químico y convencional fueron agrupados en el mismo nivel, este resultado nos permite demostrar la diferencia en la acumulación de materia seca en la zona radical, así se comprueba el mejor desarrollo de raíces siempre y cuando la fertilización se haga bajo sistemas orgánicos o en mixtura con orgánicos y químicos y no importando para este caso el uso del sistema SICA, pues el tratamiento químico se llevó a cabo bajo principios SICA lo que nos puede hacer inferir que la disponibilidad de fertilizantes altamente solubles no permite que las raíces se desarrollen en longitud y biomasa pues no tienen que abarcar una mayor área radical en búsqueda de sus nutrientes.

(Chaimsohn *et al.*, 2007) reportan el uso de un fertilizante orgánico, donde mostraron 3,97 y 1,46 veces la densidad de raíces finas, y 2,83 y 1,60 veces la densidad de raíces gruesas, de aquellas plantas con fertilizante químico y químico-orgánico, respectivamente; es muy notorio el valor del rendimiento que obtuvieron los tratamientos químico y convencional (696 y 690 gramos por metro cuadrado respectivamente) ya que coinciden y se correlacionan con los valores de biomasa radical aquí reportados ( 148 gramos por metro cuadrado para ambos tratamientos).

### 3.4.6. BIOMASA AEREA

Con lo que respecta a los resultados de la biomasa aérea, se encontró que el análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registró diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos.

Como se expresó en la variable de la biomasa radical, la pobre acumulación de biomasa aérea por parte del SICA mixto se explica por el alto grado de vaneamiento de los granos de arroz. Hubiese sido importante haber realizado análisis de tejido para confirmar si existió la presencia de la enfermedad del añublo de la panícula (Rush *et al.*, 2010), pero sin lugar a dudas, esta variable está altamente correlacionada con el rendimiento ya que se encuentra expresado indirectamente dentro de esta. El comportamiento de esta variable se observa en la figura 39.



**Figura 39.** Biomasa aérea por metro cuadrado con agrupación según test DMS.

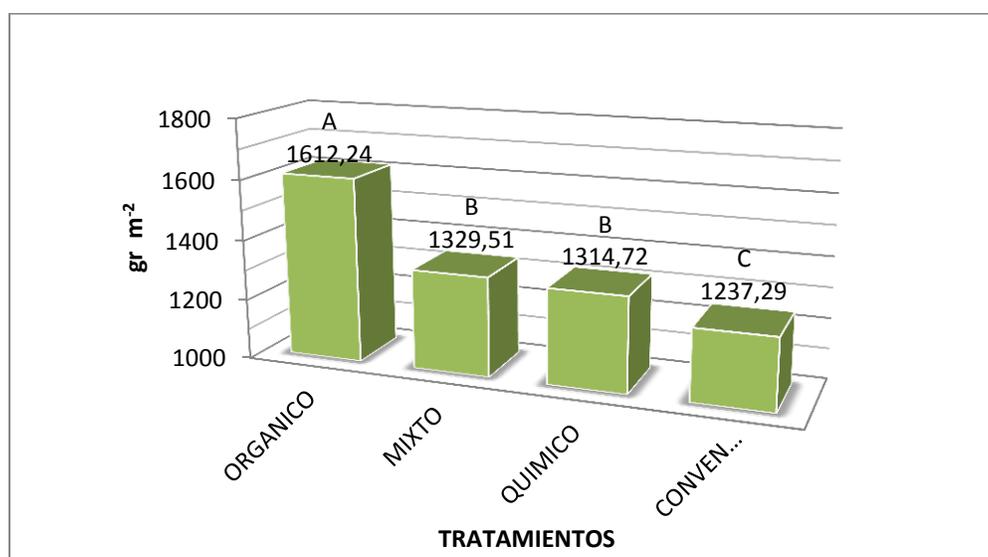
El análisis permite afirmar que todos los tratamientos reportan diferencias significativas, todos se agruparon en niveles diferentes, siendo el tratamiento orgánico el que más materia seca logro acumular con 1320 gramos por metro cuadrado en promedio, el que menos logro acumular materia seca aérea fue el mixto con 1060 gramos por metro cuadrado, una diferencia del 20% entre ambos tratamientos. El poco vaneamiento del arroz en el tratamiento orgánico puede estar explicando el resultado aquí obtenido gracias a un excelente manejo

agronómico de la enfermedad del añublo de la panícula bajo métodos biológicos (Rush *et al.*, 2010)

### 3.4.7. BIOMASA TOTAL

Con lo concerniente a los resultados de la biomasa total, se encontró que el análisis de varianza (Anova) (Anexo 1) registró diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre los cuatro tratamientos.

Esta variable demuestra que el SICA orgánico fue el tratamiento más productivo tanto en rendimiento comercial como en rendimiento biológico, pues la diferencia es altamente significativa en relación a sus competidores, por tanto ha de afirmarse que la reunión de prácticas agronómicas de interés orgánico u ecológico permitieron en este estudio que las plantas de arroz expresaran la mayor cantidad de materia seca en un mismo tiempo cuando se enfrentaron a otros manejos productivos. El comportamiento de esta variable se observa en la figura 40.



**Figura 40.** Biomasa total expresada en gramos por metro cuadrado con agrupación según test DMS.

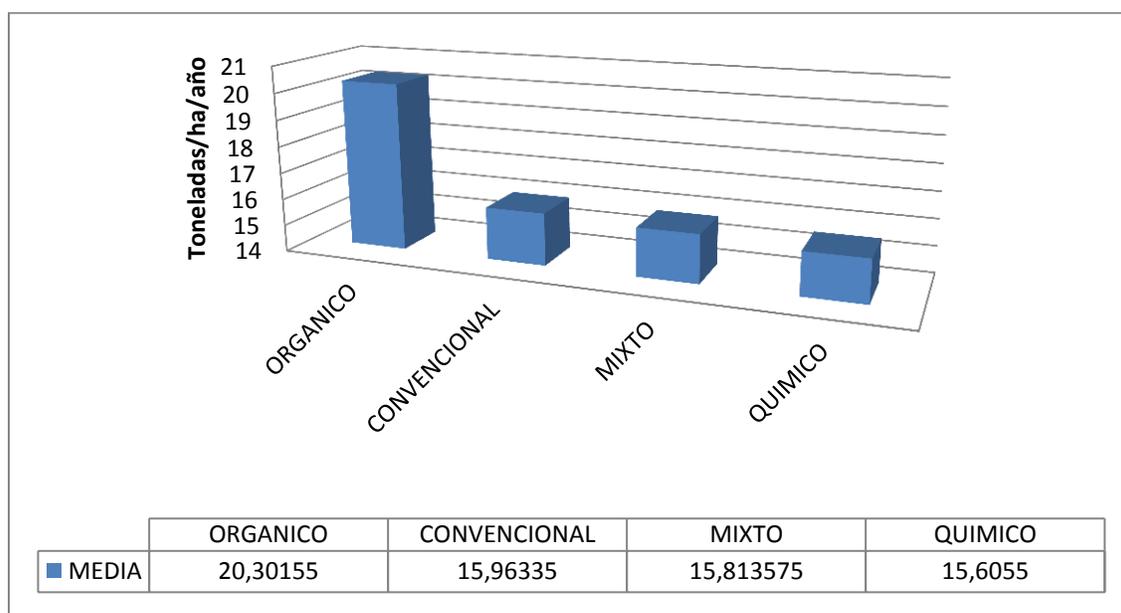
El análisis permite separar estadísticamente todos los tratamientos. Nuevamente el tratamiento orgánico presentó los valores más altos de acumulación de materia seca; si llevamos estos valores a toneladas por hectárea, se estaría hablando de 16 toneladas por hectárea bajo un manejo orgánico y 12 toneladas por hectárea bajo un manejo convencional, es una diferencia aproximada del 25% de biomasa (tabla 6), lo cual es un valor significativo y hace pertinente analizar la biomasa que no se cosecha para obtener conclusiones en relación a su implicación en el mejoramiento de los porcentajes de materia orgánica en suelos degradados y en los rendimientos.

**Tabla 6.** Biomasa no cosechada, expresada en gramos por metro cuadrado.

<b>MEDIA</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
812,06	ORGANICO
638,53	CONVENCIONAL
632,54	MIXTO
624,22	QUIMICO

### Proyección anual de acumulación de materia orgánica

Aquí se hace una proyección de los valores que corresponden a la biomasa no cosechada en gramos por m<sup>2</sup>. Son los pesos promedios sin la producción; en este caso observamos que el tratamiento orgánico acumula 812 gramos de biomasa por m<sup>2</sup>; si llevamos estos valores a un año, a toneladas por hectárea y consideramos que en promedio los productores de arroz alcanzan a producir 2,5 ciclos/año observaríamos lo expresado en la figura 41.

**Figura 41.** Proyección anual de biomasa incorporable al suelo.

Se puede inferir que el SICA bajo el tratamiento orgánico en un año puede acumular 20 toneladas de materia seca; en promedio 4 toneladas más que si se hiciera bajo un tratamiento convencional utilizando la variedad F733.

Esta cantidad de biomasa se puede aprovechar muy bien bajo el manejo integrado del suelo, al incorporar la biomasa y evitar el uso de herbicidas bajo tratamientos orgánicos, el suelo puede ir incrementando los valores de materia orgánica (MO) a través de los años y esto podría estar explicando el incremento paulatino en la productividad de los suelos en países donde el sistema SICA es

usado cada vez con mejores resultados. Africare, Oxfam América y el proyecto de WWF / ICRISAT, (2010).

### 3.4.8. Correlación de las variables analizadas con el rendimiento

Se presentan los resultados de las correlaciones asociadas al rendimiento. En este sentido fueron bajas para todas las variables exceptuando la biomasa aérea, donde indica una correlación del 91% y la significancia está por debajo de 0,05% de tal modo que se puede tomar el dato como confiable.

La variable que más se relaciona respecto al rendimiento por metro cuadrado después de la biomasa aérea fue la biomasa total con el 34,2 % de relación positiva, seguida por la biomasa radical con el 29,3% de relación positiva, pero ambas no cumplen con el nivel de significancia pues son mayores al 0,05%; Esto concuerda con las conclusiones hechas por (Uphoff *et al.*,2010), donde indican que el crecimiento y funcionamiento de las raíces abundantes y sanas son proporcionales a la capacidad por encima del suelo para atrapar la radiación solar y utilizar más eficientemente la energía.

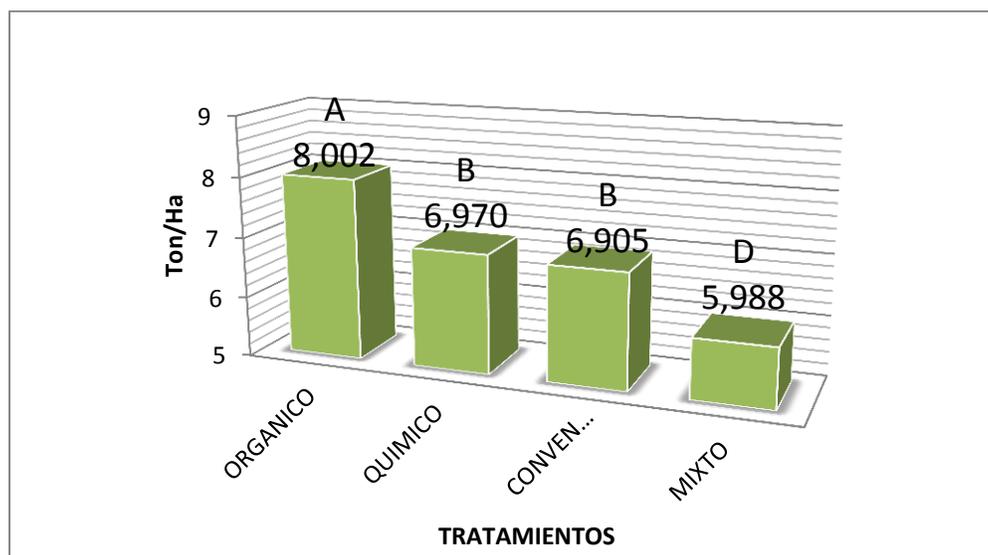
**Tabla 7.** Correlaciones entre las variables de rendimiento por metro cuadrado (MRGM) y las variables asociadas. Numero de macollas por planta (MNMP), número de macollas fértiles por planta (MNFP), numero de granos por espiga (MNGE), peso de 1000 granos (MPG), biomasa radical (MBR), biomasa aérea (MBA), biomasa total (MBT)

	<b>MPG</b>	<b>MBR</b>	<b>MBA</b>	<b>MBT</b>	<b>MRGM</b>
<b>MNMP</b>	0,318	-0,105	0,045	0,206	0,045
	0,312	0,745	0,888	0,519	0,888
<b>MNFP</b>	0,256	-0,056	0,175	0,252	0,168
	0,4216	0,8624	0,5855	0,4282	0,6
<b>MNGE</b>	-0,16	0,223	-0,125	0,531	-0,153
	0,617	0,484	0,696	0,075	0,633
<b>MPG</b>	1	-0,839	-0,202	-0,755	-0,188
		0,0006	0,527	0,004	0,556
<b>MBR</b>	-0,839	1	0,293	0,874	0,293
		0,0006	0,3541	0,0002	0,354
<b>MBA</b>	-0,202	0,293	1	0,426	0,916
		0,5273	0,3541	0,166	0,0001
<b>MBT</b>	-0,755	0,874	0,426	1	0,342
		0,004	0,0002	0,166	0,275
<b>MRGM</b>	-0,188	0,293	0,916	0,342	1
		0,556	0,354	0,0001	0,275

### 3.5. RENDIMIENTOS DE LA VARIEDAD DE ARROZ F733 BAJO EL SISTEMA SICA COMPARADO CON LOS RENDIMIENTOS DE SISTEMAS CONVENCIONALES

Se presenta el análisis del rendimiento de la variedad F733 correspondiente a los tratamientos orgánico, mixto, químico (todos bajo los principios del sistema SICA) y el tratamiento convencional que se considera testigo y un punto de comparación con los tratamientos SICA, los cuales fueron expresados en toneladas  $\text{ha}^{-1}$  (figura 42).

En lo que respecta al análisis de varianza ANOVA (Anexo 1), este registró diferencias significativas ( $P < 0,005$ ) entre rendimientos para los cuatro tratamientos. En ese sentido, la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) muestra al tratamiento SICA orgánico con el mayor rendimiento con poco más de 8 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  y estadísticamente es diferente a los tratamientos SICA químico, convencional y SICA mixto, donde este último reporto el menor rendimiento con poco menos de 6 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  (figura 42).



**Figura 42.** Rendimiento en toneladas por hectárea de arroz paddy, discriminado por grupos y tratamientos.

Al analizar estos resultados, la mayoría de expertos académicos, científicos o productores de arroz de riego dirían que es muy poco probable obtener mayores rendimientos con un cultivo que no se inunde, que se are muy poco o no se are, que no utilice fertilizantes químicos sintéticos y que sea sembrado con el 15% de la semilla que habitualmente se usa. Sin embargo estos paradigmas hoy en día están cambiando. En el caso de la labranza de los suelos, la pérdida de la materia orgánica ha sido una de las consecuencias más graves para el deterioro de la calidad de los mismos, así como la erosión y la pérdida de la fertilidad natural han hecho que la agricultura de conservación se vuelva una práctica cada vez más aceptada, rentable, productiva y ambientalmente responsable. En los Estados Unidos más del 30% de los suelos cultivados hoy en día se practica la labranza mínima o de conservación y en el mundo más de 70 millones de

hectáreas. El SICA promueve e implica la adopción de esta práctica agronómica y en este estudio no fue la excepción. (Uphoff, 2007).

Mediante el uso de fertilizantes orgánicos los productores que han adoptado el SICA han podido comprobar como mediante la eliminación del fertilizante sintético y la abolición del uso reiterativo y toxico de herbicidas, los cultivos producen más arroz debido a que se mejoran paulatinamente las condiciones biológicas de los suelos y el incremento de poblaciones de macro y micro fauna (Uphoff, 2007).

La continua oxigenación de los suelos hace que el arroz tome el oxígeno a través de sus raíces y lo use para formar carbohidratos. Este proceso de producción de energía ocurre en las celdas mitocondriales donde el oxígeno participa en cada una de las tres fases del metabolismo: catabolismo, metabolismo y síntesis. De acuerdo con este proceso se entiende como se mejora el metabolismo y se produce más energía para el crecimiento de las plantas. Con más energía, las raíces tienen más fortaleza para desarrollarse y sobre todo para una activa acumulación de nutrientes. La falta de oxígeno causa anoxia radical lo que conlleva a la destrucción de las células de la raíz y un posterior bloqueo en la asimilación de nutrientes (Gil, 2008).

Tanto la literatura científica y técnica como los agricultores consideraban al arroz como un cultivo dependiente del agua. Un importante texto sobre el cultivo del arroz afirma categóricamente: “Una de las principales razones para inundar un arrozal es que la mayoría de las variedades de arroz crecen mejor y rinden más cuando se cultivan en suelos inundados que en suelos no inundados”. Esta creencia se ha mantenido a pesar de la creciente evidencia en su contra y de que los suelos con oxígeno insuficiente tienen efectos negativos en las raíces de las plantas y en la mayoría de los organismos del suelo. En este contexto, los resultados obtenidos por el SICA demuestran que pueden obtenerse rendimientos mayores con una provisión de agua 25 a 50 por ciento menor de la que se utiliza comúnmente para la producción irrigada. Esto es así porque las características de los suelos que no han sido inundados ofrecen muchas ventajas para el crecimiento de plantas y fauna. (Uphoff, 2007).

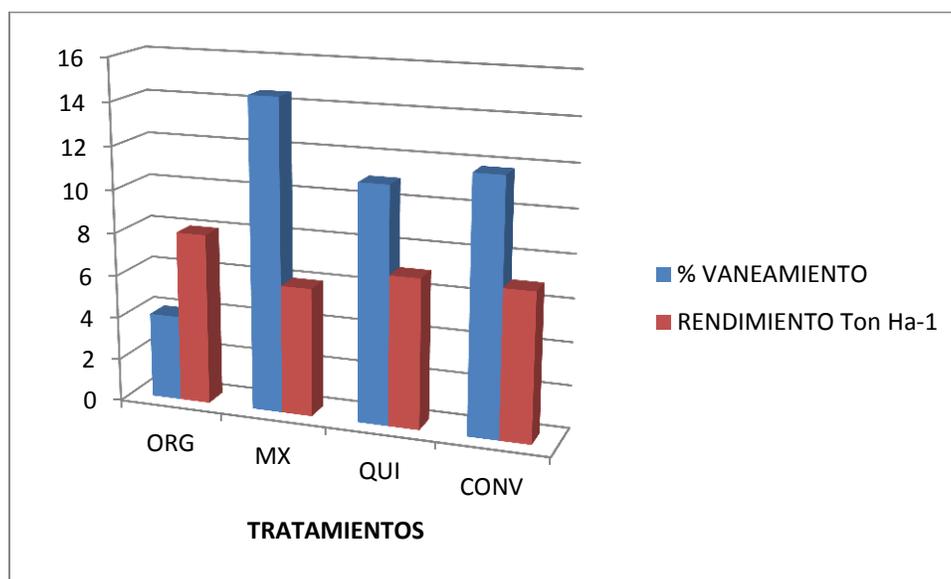
Existen don explicaciones claves en el entendimiento de la mejor productividad en el SICA, en primer instancia, propicia el crecimiento y la salud de las raíces de las plantas, y segundo e igual de importante, moviliza los servicios de la biota del suelo que estaban inhibidos, habían sido suprimidos o se encontraban en desequilibrio a causa del uso de agroquímicos, o se limitaban a organismos anaeróbicos como resultado de las inundaciones. (Uphoff, 2007).

Investigaciones recientes hechas en China, por ejemplo, han documentado cómo las bacterias rizobiales del suelo emigran hacia las raíces y suben por el tallo, y cómo su presencia en las hojas contribuye a la producción de clorofila, al proceso de fotosíntesis y, consecuentemente, a un mayor rendimiento de grano. (Uphoff, 2007).

Como resultado numérico más notable, se indica que el tratamiento orgánico obtuvo 15,8% más de rendimiento que el tratamiento convencional. Se hace

pertinente entonces, corroborar el dato de productividad del tratamiento convencional con los promedios obtenidos en la zona registrados por FEDEARROZ en la tabla 8, para validar el manejo agronómico que se le dio a este tratamiento y contrastarlo con los datos reales de productividad por parte de los arroceros de la región.

Resulta contradictorio el hecho de que haya sido el SICA orgánico quien haya podido acumular más materia seca expresada en su productividad, pues no gana la competencia en la mayoría de variables que componen los factores del rendimiento, como el peso de 1000 granos, número de granos por espiga ni en el número de macollas fértiles por planta. Entonces hubo que recurrir a una medición realizada (figura 43) por fuera de la metodología descrita con anterioridad pero que es fundamental para entender la ganancia del SICA orgánico en cuanto a la productividad se refiere.



**Figura 43.** Comparación del % de vaneamiento del arroz paddy en relación al rendimiento.

Por medio de la medición del % de vaneamiento se logra explicar por qué el tratamiento mixto obtiene el menor rendimiento, ya que presenta el 14.5% de sus granos vanos, seguido por el tratamiento convencional con el 11.5% de granos vanos, el tratamiento químico con el 11% y por último el tratamiento orgánico con el 4% de vaneamiento. Estos resultados permiten afirmar que el manejo en conjunto de técnicas agroecológicas tanto para prácticas de fertilización, control de arvenses y fitoprotección resultan en la obtención de altos rendimientos biológicos y comerciales en plantas de arroz (Uphoff, 2007).

**Tabla 8.** Rendimientos promedio de la zona de Purificación, Saldaña, Guamo y Espinal. Fuente GARCES 2011 Ingeniero agrónomo de FEDEARROZ.

<b>Mes</b>	<b>Rendimiento Promedio del mes</b>	<b>Número de lotes de los cuales procede el promedio</b>
Enero 010	5599	31
Febrero 010	5846	37
Marzo 010	7719	2
Abril 010	4950	13
Mayo 010	5706	27
Junio 010	6267	25
Julio 010	6742	39
Agosto 010	7236	26
Septiembre 010	7543	24
Octubre 010	7774	11
<b>Noviembre 010</b>	<b>6920</b>	<b>14</b>
Diciembre 010	7987	9
Enero 011	7228	12
Febrero 011	7027	20
Marzo 011	7438	2
<b>Total general</b>	<b>6538</b>	<b>292</b>

Claramente los rendimientos coinciden casi con exactitud para el mes de noviembre del 2010 con el rendimiento del tratamiento convencional; esta relación es importante denotarla pues las condiciones agroclimáticas en especial la radiación solar afecta los rendimientos de manera significativa (Pulver, 2010) y (Vargas, 2010).

Se puede afirmar que la diferencia en productividad a favor del sistema SICA orgánico tuvo las mismas condiciones agroclimáticas medidas por FEDEARROZ en el municipio de PURIFICACION TOLIMA; con sus competidores convencionales, por tanto ha de elegirse este sistema agronómico como el más productivo y del que mejores resultados se esperen para futuros ensayos en donde se quiera adoptar el sistema SICA, por lo menos en cuanto al rendimiento en arroz paddy se refiera.

### 3.6. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL GRANO DE ARROZ PRODUCIDO EN EL SISTEMA SICA EN LOS DIFERENTES MANEJOS AGRONÓMICOS: ORGÁNICO, MIXTO, QUÍMICO Y EN EL SISTEMA CONVENCIONAL

**Tabla 9.** Pruebas de calidad del grano.

Variedad/tratamiento	% Hum	%Integral	Rend/Molino	Ind. Pilado	% partido	%Yeso	Centro blanco	Observación
<b>F733 ORGANICO</b>	13,2	78,0	69,5	55,0	14,5	3,5	5,4	Limpio
<b>F733 MIXTO</b>	15,8	74,5	64,5	52,5	12,0	7,2	6,6	arroz rojo
<b>F733 QUIMICO</b>	15,9	77,5	69,5	62,5	7,0	4,2	4,5	Limpio
<b>F733 CONVENCIONAL</b>	12,6	78,5	69,5	62,5	7,0	7,5	5,4	arroz rojo

**% Humedad:** el ideal está entre 12 y 14%.

**% Integral:** arriba del 70% se considera buena calidad.

**Rendimiento del molino:** Arriba del 60% se considera buena calidad.

**Índice de pilado:** Arriba del 50% se considera buena calidad.

**% Partido:** entre el 5% y el 10% se considera buena calidad.

**% Yesado:** se considera buena calidad hasta el 7%

**Centro blanco:** se considera buena calidad hasta el 7%

Dado que se usó una misma variedad F733 y por el hecho de ser variedad liberada comercialmente, se sobreentiende que genéticamente paso por las pruebas de yesado y centro blanco, por tanto las diferencias encontradas en los tratamientos obedecen a factores ambientales.

El principal factor ambiental que influye en la opacidad del endospermo parece ser la temperatura del medio inmediatamente después de la floración. Por tanto, los materiales que se seleccionen respecto al endospermo claro en áreas de temperatura relativamente fresca, deben examinarse rigurosamente en ambientes más calientes que los anteriores. En realidad, el llenado del grano es un proceso delicado y cualquier estrés que afecte la planta en esa etapa hace presente la panza blanca o centro blanco en el grano. La selección que se hace respecto al grano translúcido debe contar con condiciones de alta presión (alta temperatura y luz de baja intensidad durante el llenado), pues ellas permiten discriminar los genotipos que tendrán granos translúcidos en la mayoría de las condiciones de cultivo. (Torres y Martínez, 2010)

En general los cuatro tratamientos obtuvieron calificaciones sobresalientes. Si fuesen para un mercado integral, las calidades son excelentes, destaco que el tratamiento orgánico rindió en molino de la misma manera que el convencional, solo en la etapa de pilado, el arroz del tratamiento orgánico obtuvo valores de partición más altos que los competidores, pero esta falla puede corregirse fácilmente haciendo análisis foliares y suplementando con microelementos, en este caso específico el azufre. La deficiencia de azufre no afecta la producción de

grano, si se aplica S antes de la formación del primordio floral; esta práctica reduce, además, el porcentaje de grano partido en la molinería (Riobueno, 2003).

### 3.7. PROCESO METODOLOGICO DE SIEMBRA SICA PROPUESTA POR (ACOSTA 2011) PARA EL CONTROL ADECUADO DE LAS POBLACIONES DE ARVENSES QUE INTERACTÚAN CON EL CULTIVO DE ARROZ

- a) Realizar mínimo un abono verde al año, se recomienda una relación de 70% leguminosas y 30% gramíneas incorporándolo previo a la floración de las leguminosas. Inocular el terreno con bacterias fijadoras de nitrógeno tipo rizobium, así como micorrizas y microorganismos PGRPs.
- b) Preparación ecológica del suelo con arados de cincel, evitar el arado de discos y volteo del suelo; si no es posible una preparación en seco realizar la práctica del Fanguero.
- c) En lo posible realizar la nivelación con láser del terreno, esta operación es de vital importancia para el ahorro del agua y el desarrollo uniforme del cultivo.
- d) Se recomienda sembrar para las condiciones agroclimáticas del municipio de Purificación Tolima la variedad de arroz F733 (figura 44) con una densidad de 25cm entre plantas.
- e) Para sembrar una hectárea en sistema SICA con densidad de 25cm entre plantas, una planta por sitio de 10 a 12 cm de altura, se requieren 30 Kg de semilla de arroz
- f) Escoger siempre semilla certificada, no escatimar gastos por elegir semilla de menor precio pero dudosa procedencia.



**Figura 44.** Presentación de hoja técnica de semilla certificada F733.

- g) Se requieren 60 bandejas plásticas (figura 24) de 500 gr de capacidad.



**Figura 45.** Bandejas plásticas para germinación a raíz desnuda con capacidad para 500 gr de semilla. (Acosta 2010).

- h) Se selecciona la semilla mediante “la prueba del huevo” (figura 46). La prueba del huevo consiste en tener un recipiente con agua suficiente para albergar la cantidad de semilla que se requiera, en dicho recipiente se adiciona un huevo de gallina, posterior a esto se adiciona poco a poco sal de cocina, alrededor de 100g por cada 10 L, hasta que el huevo flote, cuando esto ocurra la densidad con la que queda el agua separara por densidad los granos de arroz más livianos o vanos, de tal modo que se limpia y separa la superficie del recipiente con las impurezas, granos vanos o enfermos y se utiliza para la siembra el arroz que se precipite. Es importante que el arroz no esté en contacto con el agua salada más de 5 minutos.



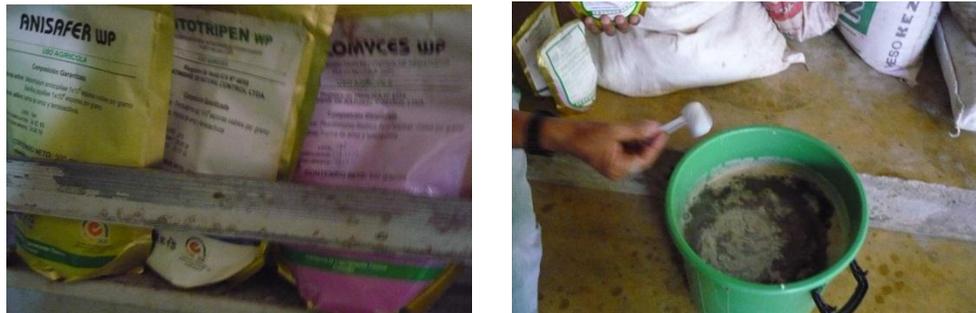
**Figura 46.** Proceso de selección de semilla por densidad. (Acosta 2010).

- i) Una vez lavada la semilla que estuvo en contacto con la sal, se sumerge en agua pura 24 horas, cambiando el agua cada 8 horas (figura 47).



**Figura 47.** Semilla de primera calidad libre de granos vanos e impurezas. (Acosta 2010).

- j) En las últimas 8 horas se realiza la inoculación de la semilla con microorganismos antagonistas como *Trichoderma*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus* (figura 48) en dosis de 2 gr por litro de agua.



**Figura 48.** Presentaciones de microorganismos antagonistas e inoculación de semilla. (Acosta 2010).

- k) Luego de este tiempo la semilla se saca a papel periódico en un lugar cálido, bajo sombra y se deja en este lugar 24 horas.
- l) Después de este tiempo se humedece el papel periódico en el que se encuentra el arroz durante 24 horas, luego a este procedimiento se dispone a llevar el arroz a las bandejas y a humedecer el arroz mediante microaspersión durante 11 días, hasta que la planta presente el porte ideal para el trasplante a campo (mínimo 2 hojas verdaderas) (figura 49).



**Figura 49.** Semilla germinada y lista para trasplante a campo. (Acosta 2010).

- m) Durante los días después de germinación se le aplica al arroz cada 3 días diluciones de 1/200 de supermagro, microorganismos eficientes y bacterias (figura 50).



**Figura 50.** Presentación de microorganismos eficientes y bacterias para uso preventivo previo al trasplante. (Acosta 2010).

- n) Se realizaron ensayos para elegir la mejor manera de establecer las cuadrículas en el suelo, se abortó el método del rastrillo pues la textura del suelo del lote no permitía que las guías permanecieran en el suelo visibles así que se eligió y se recomienda el uso de cuerdas donde se hagan visibles las separaciones que se quieran para las plantas, la disposición de estas cuerdas se hace tanto horizontal como vertical.
- o) Se recomienda el establecimiento de parcelas menores de 1000 m<sup>2</sup> para el trasplante (figura 51), para coordinar la sincronización y evitar cometer errores por parte de los trasplantadores. En este sentido para una hectárea se habrán de realizar 10 de estas parcelas.



**Figura 51.** Unidad experimental lista para iniciar el trasplante, nótese a la derecha la cuerda guía para los trasplantadores. (Acosta 2010).

- p) Si se realizan parcelas por ejemplo de 50m \* 20m, se disponen dos cuerdas paralelas a las líneas de 50m (figura 31) estas cuerdas se nivelan y se dejan bien firmes, de tal modo que en el ancho de trabajo de 20 metros se disponen dos trabajadores en cada costado, ellos son los encargados de que la siembra se haga en la línea exacta, además deben siempre cerciorarse de que la cuerda que van sosteniendo siempre coincida con las mismas marcas de inicio con las cuerdas dispuestas en los 50m, así se asegura que la cuadrícula valla quedando en cuadrados perfectos(figura 52)

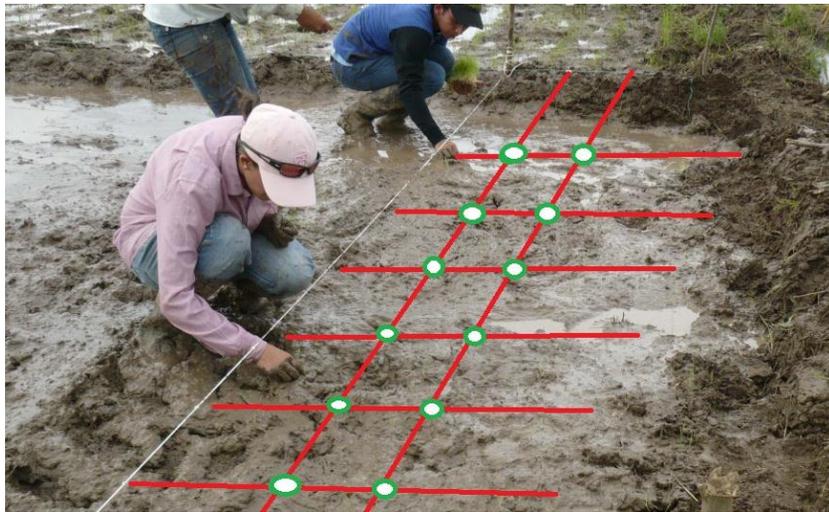


**Figura 52.** Traspantador en ejercicio, nótese la verificación y constante comunicación con el trabajador guía del extremo derecho, la coincidencia en las marcas es imprescindible. (Acosta 2010).



**Figura 53.** Alineación y disposición de la cuerda guía para los trasplantadores. (Acosta 2010).

- q) Se disponen de 10 trabajadores en la misma línea de siembra, cada persona puede abarcar un ancho de siembra de 2m aproximadamente, si se elige una distancia entre plantas de 25cm cada trabajador debe encargarse de sembrar entre 7 y 8 plantas (figura 54) en su ancho de trabajo, además deben ir cerciorándose que estén sembrando alineados con las líneas que ya han sembrado antes.



**Figura 54.** Proceso de trasplante, nótese la verificación con las líneas anteriormente sembradas siempre coincidiendo con las cuerdas guía de los costados y la horizontal. (Acosta 2010).

- r) Ha de procurarse que los trasplantadores tengan similares niveles de experiencia para que el trabajo que hagan se realice en similares tiempos, deben evitarse poner personas muy lentas al lado de personas hábiles pues esto retrasa mucho el trabajo, las mujeres son muy buenas con esta labor ya que cuando adquieren experticia hacen el trabajo muy eficiente pero mantienen el cuidado de la plántula sin lastimar las raíces.
- s) Es imperante que los trabajadores trasplanten con velocidad pero evitando enterrar simplemente la plántula. Se recomienda que el trabajador describa en un movimiento perpendicular al suelo una trayectoria en forma de J, aunque demore un poco más, esta operación asegura que las raíces se dispongan de mejor forma en el suelo (figura 55) y se establezcan sin daños mecánicos en las raíces.



**Figura 55.** Plántulas de arroz recién trasplantadas, distancia de 25 cm formando disposición de cuadrículas perfectas, nótese lo erectas y equidistantes entre estas. (Acosta 2010).

- t) En el cultivo se trasplanta con 14 días después de siembra, es decir de 9 días de emergencia, pero se considera que mínimo deben tener 12 días de emergencia. El proceso dura un promedio de 17 días desde el momento en que se pone en contacto la semilla con el agua y germina; hasta su traslado a campo. Ya en campo puede transcurrir un máximo de 3 días, es decir que todo el proceso puede durar máximo 16 días; de lo contrario se estarían perdiendo posibles macollamientos debido a la teoría de los phyllocroms (Nemoto *et al.*1995).
- u) Ha de realizarse el trasplante inmediatamente se realice la preparación del terreno pues debe aprovecharse el tiempo en que el suelo se encuentra libre de arvenses para darle tiempo al arroz de que se establezca y pueda competir en dado caso que el primer control de arvenses se demore uno o dos días, así se evita confundir las pequeñas plántulas con arvenses.
- v) En dado caso que no se haya podido trasplantar tan pronto como estuvo preparado el lote y las arvenses ya estén emergiendo, con una o dos hojas es necesario volver a preparar el terreno pues es muy peligroso poner a

competir a las plántulas de arroz de 8 días o 10 días, la competencia de las arvenses sobrepasa en tan solo 4 o 5 días al arroz y la primer limpieza se hace casi imposible, los trabajadores demoran mucho en hacer esta primer labor ya que deben estar constantemente revisando que no vallan eliminando por error plántulas de arroz conjunto a las arvenses.

### 3.8. AHORRO DE SEMILLA

En relación con el uso de semilla **F733** para sistemas convencionales vs sistemas SICA se puede afirmar que son necesarios 180kg de semilla para sembrar una hectárea en el sistema convencional de siembra directa, mientras que bajo el sistema SICA con una densidad de 25cm entre plantas son necesarios 30kg de semilla por tanto el ahorro en semilla es del **600%**.

### 3.9. MEDICION DE LA RESISTENCIA AL ARRANQUE

Se realizaron diferentes mediciones para cada tratamiento, sin embargo no se pudo obtener mediciones efectivas ya que la capacidad de los dinamómetros encontrados en la Universidad de Cundinamarca no alcanzo para realizar ninguna medición (figuras 56 y 57).



**Figura 56.** Dinamómetros de 10 y 20 Newton de capacidad (Acosta 2010).



**Figura 57.** Mediciones de la resistencia al arranque en diferentes tratamientos sin éxito. (Acosta 2010).

En la figura 57 se evidencia como se fracasa incluso en la medición de una planta de sistema convencional donde el macollamiento y la biomasa radical son realmente pobres, de tal modo que para efectuar una medición a una planta como esta o a una planta con 40 macollas como en un sistema SICA ORGANICO se requiere de dinamómetros de mínimo 100 o 200 Newton de capacidad.

### 3.10. RELACION BENEFICIO/ COSTO

En la tabla 10 se registró la relación beneficio/costo así como la rentabilidad de cada tratamiento evaluado. Se calculó el beneficio al vender arroz orgánico en dos mercados disimiles como lo son la Unión Europea y Bolivia.

**Tabla 10.** Relaciones beneficio/costo para los 4 tratamientos evaluados.

	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>ORGANICO</b>	<b>CONVENCIONAL</b>	<b>MIXTO</b>	<b>QUIMICO</b>
<b>BENEFICIOS CONVENCIONALES</b>	7615200	6555000	5681000	6555000
<b>COSTOS</b>	8690000	5878300	7366650	6788800
<b>RESULTADO</b>	0,88	1,12	0,77	0,97
<b>RENTABILIDAD</b>	-12,37	11,51	-22,88	-3,44
	<b>VENTA A EUROPA</b> <b>\$3'204.000/</b> <b>tonelada</b>		<b>VENTA EN BOLIVIA</b> <b>\$1'721.000</b> <b>/ tonelada</b>	
<b>BENEFICIO VENTA ORGANICO</b>	\$25'696.080		\$13'802.420	
<b>RESULTADO</b>	2,95		1,58	
<b>RENTABILIDAD</b>	196%		58%	

A simple vista el resultado económico es desfavorable para los tratamientos SICA, obteniendo rentabilidades negativas del 12,4% para el SICA orgánico, o del 22,9% para el SICA mixto y relaciones beneficio/costo < 1. Sin embargo el panorama puede ser completamente distinto haciendo algunas precisiones. Se debe recalcar que el SICA mixto y EL SICA químico no presentan manejos agronómicos adecuados con la actual situación fitosanitaria de Colombia por lo que se recomienda el manejo agronómico propio del SICA orgánico y su respectivo análisis.

Al comercializar el arroz orgánico en mercados internacionales, la relación beneficio costo se vuelve muy positiva para el agricultor. En el caso del productor que venda en Bolivia, la relación es > 1 y la rentabilidad es del 58%. En el mercado europeo, la rentabilidad se dispara a 196%.

El precio de agosto del 2011 que se paga por una tonelada de arroz paddy en Colombia es de \$855.000. Los \$950.000 resultan de hacer un promedio de lo que

se ha pagado en los meses correspondientes al 2011 (Promedio meses Enero-Agosto Fedearroz 2011).

Comparando las ganancias que obtuvo el sistema convencional las cuales fueron de \$676000 por hectárea se estaría hablando que para el productor arrocero en una primer experiencia SICA con la variedad F733 en las condiciones agroambientales de Purificación en el departamento del Tolima obteniendo un rendimiento de 8 toneladas por hectárea en SICA ORGANICO requiere que le paguen a \$1'252.000 la tonelada de arroz paddy, este precio no está lejos del registrado en noviembre del 2008 cuando el cereal alcanzo a costar \$1'133.000.

No hay que olvidar que según las experiencias en el mundo, los rendimientos van aumentando paulatinamente a medida que se gana experiencia en el sistema, por tanto proponerse la meta de obtener 10Ton ha<sup>-1</sup> en 3 ciclos de cultivo SICA puede permitir concursar por la misma rentabilidad que goza el sistema convencional. (Uphoff *et.al*, 2010) recomienda hacer varias evaluaciones del sistema, concordando con lo anterior, sería adecuado el hacer los análisis económicos una vez se hayan cumplido mínimo 2 años de evaluaciones. Tiempo suficiente para registrar el efecto del tiempo en los rendimientos y por ende de la rentabilidad, resulte positiva o no.

Es pertinente nombrar el hecho de que los costos directos del sistema convencional se vieron afectados al incrementarse el costo del control manual de arvenses, pues los controles químicos no funcionaron para el control de *Setaria viridis* denominada comúnmente como Cola de Zorro, esta arvense regularmente se presenta en campos cultivados de soya, pero en la zona de estudio, está presentando niveles de resistencia a los herbicidas, por tanto los costos de producción en mano de obra han venido incrementándose al no existir otra medida de control para evitar acumular el banco de semillas de los suelos con esta competitiva arvense.

#### 4. CONCLUSIONES

El SICA orgánico produjo 15,8% más de arroz por hectárea que el sistema de arroz convencional debido a un mayor macollamiento, mayor biomasa radical, aérea, total y al menor porcentaje de vaneamiento.

El arroz que obtuvo la mejor calidad al momento de la cosecha fue el SICA orgánico, porque presentó sanidad sobresaliente, poco manchado y poco vaneamiento (4%), lo siguió en orden el SICA químico, el convencional y por último el SICA mixto (vaneamiento del 14,5%).

Se destacó la calidad del grano en los sistemas convencional y SICA orgánico, rindiendo cerca del 80% en arroz integral, resultado de importancia económica para los molinos a la hora de la compra del arroz paddy.

Se logró establecer que las arvenses más frecuentes para los diferentes muestreos fueron *Eclipta alba* (Palo de agua) y *Fimbristylis miliacea* (Barba de indio) en los tratamientos SICA orgánico y mixto. Sin embargo para la etapa fenológica de máximo macollamiento e inicio del primordio, los tratamientos SICA químico y convencional presentaron frecuencias inesperadas de *Setaria viridis* (Cola de zorro). Se concluye que los controles químicos aplicados fueron ineficaces, afectando la rentabilidad y la relación beneficio/costo.

El SICA químico obtuvo altos porcentajes (45%) de cobertura de arvenses en relación a los otros tratamientos evaluados. Este parámetro no se relacionó proporcionalmente con el rendimiento, ya que fue el SICA mixto el tratamiento menos productivo (5.99Ton Ha<sup>-1</sup>). Por tanto se concluye que la variable de cobertura de arvenses no fue significativa de manera directa en el rendimiento.

El tratamiento convencional obtuvo las densidades de arvenses más bajas (22 individuos m<sup>-2</sup>) pero no fue el más productivo, ya que obtuvo (6,9 Ton Ha<sup>-1</sup>). El tratamiento que presentó la mayor densidad de arvenses correspondió al SICA químico (222 individuos m<sup>-2</sup>), el cual produjo (6,97 Ton Ha<sup>-1</sup>). Lo que indicó que la densidad de arvenses no se relacionó proporcionalmente con el rendimiento.

Los métodos de control (físicos en SICA orgánico y mixto) y (químicos en el arroz convencional) para la densidad de arvenses fueron exitosos. El método de control químico de arvenses en el tratamiento SICA químico fue ineficaz pues no logró disminuir ostensiblemente las arvenses a través del tiempo.

El obtener ahorro en la cantidad de semilla necesaria para producir una hectárea de arroz en un 600% contribuye directamente en la toma de decisión del productor de arroz de sembrar semilla certificada ya que se le reducen los costos de producción al utilizar eficientemente este insumo.

Se logró establecer una metodología de siembra SICA que permite el adecuado control de malezas, acorde a las condiciones culturales del trabajador de la zona de estudio.

## 5. RECOMENDACIONES

Sembrar el SICA con distancias entre plantas de 25cm, buscando obtener densidades de 16 plantas por m<sup>2</sup>.

Adoptar el SICA orgánico como referente para futuras experiencias.

Diseñar una estrategia metodológica que permita manejar eficientemente el agua de acuerdo a los principios de SICA y con base en las últimas publicaciones científicas concernientes al tema.

Adoptar una metodología de seguimiento con base en las dinámicas poblacionales microbiológicas del suelo.

Si es posible realizar visitas a los lugares donde el SICA tiene éxito hoy en día, como la región de Sichuan en la China.

Invitar a investigadores y centros de investigación como CIAT en Palmira o Fedearroz Las lagunas en Espinal a que hagan ensayos pequeños del sistema y evalúen su viabilidad fitosanitaria, por ejemplo para incentivar la producción de semilla certificada en metodología SICA.

Difundir la información existente entre los arroceros Colombianos, estudiantes de Ingeniería Agronómica y docentes para que el SICA empiece a ser conocido y pueda ser tenido en cuenta para futuros ensayos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Africare-Oxfam America-WWF/ICRISAT Project (2010) More rice for people, more water for the planet. WWF-ICRISAT Project, Hyderabad, India. <http://www.oxfamamerica.org/files/sri-final.Pdf>

Angladette, A. 1969. El arroz. 1ª ed. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, Barcelona. 867 p.

Barah BC (2009) Economic and ecological benefits of System of Rice Intensification (SRI) in Tamil Nadu. *Agric Econ Res Rev* 22: 209–214

Barrett CB, Moser CM, Barison J, McHugh OV (2004) Better technologies, better plots or better farmers? Identifying changes in productivity and risk among Malagasy rice farmers. *Am J Agric Econ* 86:869–888

Brady, N. C. y R. R. Weil, 2002. The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper Saddle, New Jersey, USA.

Chaboussou, F., 2004. Healthy crops: A new agricultural revolution. Jon Anderson, Charnley, UK.

Chaimsoh, 2007. El fertilizante orgánico incrementa la producción de raíces en pejibaye (*Bactris gasipaes* K.), *Agronomía Costarricense* 31(2): 57-64.

Clavijo J, 2010. Acción de los herbicidas en un arrozal, Modo y mecanismo, Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Degiovanni V, 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) CAPÍTULO 4, Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Evans, L.T. 1994. Crop physiology: Prospects for the retrospective science. In: Boote, K.J.; Bennett, J.M.; Sinclair T.R.; Paulsen, G.M. (eds.). Physiology and determination of crop yield. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, EE.UU. p. 19-35.

Federación Nacional de Arroceros de Colombia, Estadísticas de consumo per cápita [en línea] 2011. [Consultado 1. Ago. 2011]. Disponible en <http://fedearroz.com/estadisticas>.

Federación Nacional de Arroceros de Colombia, Estadísticas de costos [en línea] 2011. [Consultado 1. Ago. 2011]. Disponible en <http://fedearroz.com/estadisticas>.

Fisher y Bernal, 2010. Resistencia a herbicidas en malezas asociadas con arroz, Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Fuentes, C. L. 1986. Metodología y técnicas para evaluar las poblaciones de malezas y su efecto en los cultivos. Revista Comalfi. 13. 29-50p

Fuentes *et al.*, 2010. Malezas de los arrozales de América Latina, capítulo 20, Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Gil, 2008. Cultivo de arroz sistema intensificado Sri-sica en Ecuador. Admicorporacion, 69 pgs.

González F., J. 1985. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz. (*Oryza sativa* L.). In: Tascón, E.; García, E. (eds.). Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. p. 47-64.

Google Inc. (2009). Google Earth (version 5.1.3533.1731) [Software]. Disponible en <http://too.lazy.to.look.it.up/>

Hernández, 2011. Evaluación de la resistencia de poblaciones de *ischaemum rugosum* salisb. a bispiribac sodio en lotes arroceros de la zona del Ariari, Meta. M, Universidad Nacional de Colombia. 79 pgs.

Jasieniuk, M.; Brule-Babel, A.L.; Morrison, I.N. 1996. The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. Weed Science 44:176-193.

Kobata, T.; Uemuki, N. 2004. High temperatures during the grain filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice. Agronomy Journal 96:406-414.

Laulanié, H., 2003. Le Riz à Madagascar: Un développement en dialogue avec les paysans. Editions Karthala, Paris, France.

Laulanié, H., 1993. Le système de riziculture intensive malgache. Tropicultura (Belgium) 11:110-114

Li XY, Xu XL, He L, 2005. A socio-economic assessment of the system of rice intensification: A case study in Xinsheng Village, Jianyang County, Sichuan Province. College of Humanities and Development, China Agricultural University, Beijing. <http://ciifad.cornell.edu/sri/countries/china/cnciadeng.pdf>

Lin XQ, 2010. Evaluation of key factors of SRI method. Presentation to SRI workshop organized by China National Rice Research Institute, Hangzhou,

February 28. <http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/1001-evaluation-of-key-factors-of-sri-method>

Lin XQ, Zhu DF, Chen HZ, Cheng SH, Uphoff N (2009) Effect of plant density and nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *J Agric Biotechnol Sustain Dev* 1:44–53

Ma J, 2010. Study and utilization of the SRI technology for super high yields in Sichuan. Presentation to SRI workshop organized by the China National Rice Research Institute, Hangzhou, February 28. <http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/1003-study-and-utilization-of-the-sri-technology>

Maldonado J, et al. 2006. “Impacto de los Tratados de Libre Comercio sobre la Agricultura Familiar y Políticas Compensatorias”, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico – CEDE Universidad de los Andes. Bogotá, D.C., Septiembre de 2006

Moser CM, Barrett CB (2003) The disappointing adoption dynamics of a yield-increasing, low external-input technology: the case of SRI in Madagascar. *Agric Syst* 76:1085–1100

MWR, 2006. Report of sub-committee on more crop and income per drop of water. Ministry of Water Resources, New Delhi. <http://wrmin.nic.in/newdetails.asp?langid=1&newscode=15>, Section III

Nemoto K, Morita S, Baba T (1995) Shoot and root development in rice related to the phyllochron. *Crop Sci* 35:24–29

Polley, H.W. 2002. Implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop Science* 42:131-140.

Porter, C.O. 1959. *Taxonomy of flowering plants*. Freeman, San Francisco, CA, EE.UU.

Pulver, 2010. Manejo estratégico y producción competitiva del arroz con riego en América Latina, CAPÍTULO 19, Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Randriamiharisoa R, Uphoff N (2002) Factorial trials evaluating the separate and combined effects of SRI practices. In: Uphoff N et al. (eds) *Assessments of the system of rice intensification*. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Ithaca, NY, pp 41–47. [http://ciifad.cornell.edu/sri/procl/sri\\_10.pdf](http://ciifad.cornell.edu/sri/procl/sri_10.pdf)

Riobueno, A.M. 2003. Respuesta de Fedearroz 2000 a la fertilización con azufre. Arroz (Colombia) 51(445, julio-agosto).

Riveros G, Rodríguez N, (2010). La fisiología de la planta y la productividad del cultivo, capítulo 7, Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Rush, *et al.* 2010. BACTERIAL PANICLE BLIGHT: CAUSES AND SUGGESTED CONTROLL MEASURES, Conference International of Rice, Louisiana State University. Cali Colombia

Satake, T. 1969. Research on cool injury of paddy rice plant in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly 4(4):5-10.

Sheehy JE, Peng SB, Dobermann A, Mitchell PL, Ferrer A, Yang JC, Zou YB, Zhong XH, Huang JL (2004) Fantastic yields in the system of rice intensification: fact or fallacy? Field Crops Res 88:1-8

Sinha SK, Talati J, 2007. Productivity impacts of the System of Rice Intensification (SRI): a case study in West Bengal, India. Agric Water Manag 87:55-60

Sinclair T, 2004. Agronomic UFOs waste valuable scientific resources. Rice Today 3:43 Sinclair T, Cassman KG (2004) Agronomic UFOs? Field Crops Res 88:9-10

Stoop WA, Kassam AH (2004) The SRI controversy: a response. Field Crops Res 91:357-360

Stoop AW, N Uphoff y A Kassam, 2002. A review of agricultural research issues raised by the System of Rice intensifications (SRI) from Madagascar. Opportunities for improving farming systems for resource poor farmers agricultural Systems, 71, 249-274.

Swaminathan MS, 2006. Foreword. In: Uphoff N, Ball A, Fernandes ECM, Herren H, Husson O, Laing M, Palm CA, Pretty JN, Sanchez PA, Sanginga N, Thies JE (eds) Biological approaches to sustainable soil systems. CRC Press, Boca Raton, FL, pp iii-iv

Suarez, *et al.* (2004), Evaluación del herbicida halosulfuron-metil para el control de malezas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L*), Bioagro vol 16. Barquisimeto Venezuela.

Uphoff, 2007. El Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz y sus implicancias para la agricultura. Revista Leisa de agroecología, marzo, 4pg.

Uphoff, N., A. S. Ball, E. C. M. Fernandes, H. Herren, O. Husson, M. Laing, C. A. Palm, J. Pretty, P. A. Sanchez, N. Sanginga y J. Thies (eds.), 2006. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Uphoff N *et al.* (2010) SRI as a methodology for raising crop and water productivity: productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management, Paddy Water Environ (2011)

Uphoff, N, E Fernades, LP Yuan, J Peng, S rafaralahy y J Rabenandrasana ( editores), 2002, Assessment of the System of Rice intensifications ( SRI): Proceedings of an International Conference in Sanya, China. 1-4 de abril Del 2002. CIIFAD, 2002.

Uphoff, N. 2003. Higher yields with fewer external inputs? The System of Rice Intensification and potential contributions to agricultural sustainability. International Journal of Agricultural Sustainability 1, 38-50.

Valverde, B.; C. Riches y J. Caseley. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. Editorial Teresa Oñoro, San José, Costa Rica. 118 p.

Vargas, 2010. El arroz y su medio ambiente, CAPÍTULO 6, Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina, Tomo I Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Winograd M., 1995a, Environmental Indicators for Latin America and the Caribbean: Tools for Sustainability, pp.198-215

Yuan LP, 2002. A scientist's perspective on experience with SRI in China for raising yields of super-hybrid rice. In: Uphoff N, Fernandes ECM, Yuan LP, Peng JM, Rafaralahy S, Rabenandrasana J (eds) Assessments of the System of Rice Intensification. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Ithaca, NY, pp 23-25. [http://ciifad.cornell.edu/sri/proc1/sri\\_06.pdf](http://ciifad.cornell.edu/sri/proc1/sri_06.pdf)

Zheng JG, 2010. Modified SRI and super-high yield of hybrid rice in Sichuan Basin. Presentation to SRI workshop organized by the China National Rice Research Institute, Hangzhou, February 28. <http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/1004-modified-sriand-superhigh-yield-of-hybrid-rice-in-sichuan-basin>

**ANEXOS****ANEXO 1.****RESULTADOS DEL ANALISIS EN SAS**

Solo reportaron resultados los estados fenológicos donde se encontró efecto significativo entre tratamientos.

**VARIABLE: COBERTURA DEL ARROZ****ESTADO FENOLOGICO INICIO DEL PRIMORDIO**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	6387.080440	2129.026813	25.93	0.0002
Error	8	656.828704	82.103588		
Corrected Total	11	7043.909144			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MCOARR Mean
0.906752	24.27533	9.061103	37.32639

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	6387.080440	2129.026813	25.93	0.0002

**ESTADO FENOLOGICO DE FLORACION**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	9653.862847	3217.954282	112.62	<.0001
Error	8	228.587963	28.573495		
Corrected Total	11	9882.450810			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MCOARR Mean
0.976869	10.43716	5.345418	51.21528

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	9653.862847	3217.954282	112.62	<.0001

**VARIABLE: COBERTURA Y DENSIDAD DE ARVENSES**  
**ESTADO FENOLOGICO INICIO DEL MACOLLAMIENTO**  
**COBERTURA DE ARVENSES**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	24.59490741	8.19830247	1.89	0.2099
Error	8	34.72222222	4.34027778		
Corrected Total	11	59.31712963			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MCOARV Mean
0.414634	85.71429	2.083333	2.430556

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	24.59490741	8.19830247	1.89	0.2099

**DENSIDAD DE ARVENSES**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	256821.0741	85607.0247	3.62	0.0645
Error	8	188971.6214	23621.4527		
Corrected Total	11	445792.6955			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MDENS Mean
0.576100	42.45219	153.6927	362.0372

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	256821.0741	85607.0247	3.62	0.0645

**ESTADO FENOLOGICO DE CRECIMIENTO**

**COBERTURA DE ARVENSES**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	3	37.7084028	12.5694676	1.16	0.3837
Error	8	86.8057407	10.8507176		
Corrected Total	11	124.5141435			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MCOARV Mean
0.302844	94.83050	3.294043	3.473611

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	37.70840278	12.56946759	1.16	0.3837

### DESIDAD DE ARVENSES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	450485.677	150161.892	1.95	0.1999
Error	8	615473.366	76934.171		
Corrected Total	11	1065959.043			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MDENS Mean
0.422611	76.22390	277.3701	363.8886

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	450485.6770	150161.8923	1.95	0.1999

### ESTADO FENOLOGICO DE MAXIMO MACOLLAMIENTO

#### COBERTURA DE ARVENSES

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1569.733796	523.244599	23.33	0.0003
Error	8	179.398148	22.424769		
Corrected Total	11	1749.131944			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MCOARV Mean
0.897436	50.51178	4.735480	9.375000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	1569.733796	523.244599	23.33	0.0003

### DENSIDAD DE ARVENSES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	119867.1708	39955.7236	28.35	0.0001
Error	8	11275.9095	1409.4887		
Corrected Total	11	131143.0803			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MDENS Mean
0.914018	32.96480	37.54316	113.8886

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	119867.1708	39955.7236	28.35	0.0001

### ESTADO FENOLOGICO DE INICO DEL PRIMORDIO

#### COBERTURA DE ARVENSES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	3951.099537	1317.033179	12.30	0.0023
Error	8	856.481481	107.060185		
Corrected Total	11	4807.581019			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MCOARV Mean
0.821848	63.40283	10.34699	16.31944

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	-------------	-------------	---------	--------

TTO	3	3951.099537	1317.033179	12.30	0.0023
-----	---	-------------	-------------	-------	--------

### DENSIDAD DE ARVENSES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	61811.57203	20603.85734	42.61	<.0001
Error	8	3868.15640	483.51955		
Corrected Total	11	65679.72843			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MDENS Mean
0.941106	19.79032	21.98908	111.1103

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	61811.57203	20603.85734	42.61	<.0001

### VARIABLES CALCULADAS EN LA COSECHA DEL ARROZ

#### MACOLLAS FERTILES POR PLANTA

##### ANALISIS ANOVA

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	751.9259259	250.6419753	77.34	<.0001
Error	8	25.9259259	3.2407407		
Corrected Total	11	777.8518519			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MNMFP Mean
0.966670	9.701708	1.800206	18.55556

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	751.9259259	250.6419753	77.34	<.0001

**GRANOS POR ESPIGA**

## ANALISIS ANOVA

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	15161.11111	5053.70370	8.93	0.0062
Error	8	4524.96296	565.62037		
Corrected Total	11	19686.07407			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MNGE Mean
0.770144	16.61840	23.78277	143.1111

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	15161.11111	5053.70370	8.93	0.0062

**PESO 1000 GRANOS**

## ANALISIS ANOVA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	27.35991389	9.11997130	7444.87	<.0001
Error	8	0.00980000	0.00122500		
Corrected Total	11	27.36971389			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MPG Mean
0.999642	0.130334	0.035000	26.85417

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	27.35991389	9.11997130	7444.87	<.0001

**BIOMASA RADICAL**

## ANÁLISIS ANOVA

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	53823.82563	17941.27521	10450.6	<.0001
Error	8	13.73413	1.71677		
Corrected Total	11	53837.55977			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MBR Mean
0.999745	0.610154	1.310254	214.7417

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	53823.82563	17941.27521	10450.6	<.0001

**BIOMASA AEREA**

## ANALISIS ANOVA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	122441.3192	40813.7731	4407.27	<.0001
Error	8	74.0845	9.2606		
Corrected Total	11	122515.4038			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MBA Mean
0.999395	0.262632	3.043118	1158.698

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	122441.3192	40813.7731	4407.27	<.0001

**BIOMASA TOTAL**

## ANALISIS ANOVA

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	242820.4374	80940.1458	6092.78	<.0001

Error	8	106.2768	13.2846
-------	---	----------	---------

Corrected Total	11	242926.7142
-----------------	----	-------------

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MBT Mean
----------	-----------	----------	----------

0.999563	0.265378	3.644805	1373.440
----------	----------	----------	----------

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TTO	3	242820.4374	80940.1458	6092.78	<.0001

**ANEXO 2.****MANEJO AGRONOMICO DEL SISTEMA CONVENCIONAL**

1. Se realizó un moje al suelo en la noche hasta acumular una lámina de agua de 1 a 2 cm
2. Al siguiente día se sembró temprano, se aplicó el método del voleo, se usaron entre 180 y 200 kg de semilla por hectárea.
3. En los siguientes 3 días se aplicó agua al suelo y se formó lámina de agua de 1 a 2 cm para asegurar la germinación uniforme de la semilla
4. Pasados estos días se suspendió el agua y se realizó la primera aplicación de herbicida. Una mezcla de dos herbicidas, el primero de ingrediente activo Byspiribac Sodium de nombre comercial Byspiagro 100 SC un herbicida post emergente sistémico en dosis de 180ml/ 20 L de solución, se aplicaron 700ml de Byspiagro por hectárea, más un herbicida selectivo al arroz, sistémico, se trata del ingrediente activo pendimetalina, de nombre comercial Prowl, se aplicó 4L por hectárea.
5. Entre los días 11 y 13 después de emergencia se aplicaron 4 bultos de 50kg cada uno de un fertilizante de grado triple 18 por hectárea, el terreno se secó para esta operación y se dejó así mínimo por 24 horas.
6. Al mismo tiempo de esta primer aplicación se aplicaron controles químicos contra plagas, se usó Clorpirifos, un insecticida organofosforado de nombre comercial Lorsban 4 EC, se aplicaron 600ml/Ha, se aplicó cipermetrina un insecticida piretroide de amplio espectro en dosis de 300ml/Ha.
7. Entre los días 27 y 28 después de emergido el arroz se secó el terreno y se aplicó un herbicida pos emergente de ingrediente activo 2,4 D, una amina en dosis de 800ml/Ha y un herbicida pos emergente sistémico de ingrediente activo Profoxidim, de nombre comercial AURA 20 EC en dosis de 1L/Ha
8. Hacia el día 30 DDE se realizó la segunda fertilización edáfica correspondiente a 4 bultos / Ha de triple 18 más un bulto / Ha de Urea.
9. Hacia los 40 DDE se aplicaron dos productos, el primero correspondió a un insecticida y acaricida de ingrediente activo Endosulfan, se trata de un organoclorado, de nombre comercial Thiodan en dosis de 400ml/Ha. Así mismo se usó un fungicida sistémico de ingrediente activo Propiconazol, con una dosis de 300ml/Ha.
10. En los 45 DDE se aplicó una mezcla de ingredientes activos, se trata de un fungicida de nombre comercial Taspas, se aplicó 320ml/Ha, así mismo se aplicó un fungicida y bactericida sistémico, un ingrediente activo denominado Validamicina, nombre comercial Validasin al 3% SL dosis de 200ml/Ha, así mismo se aplicó el ingrediente activo Kasugamicina, nombre comercial Kasumin en dosis de 400ml/Ha.
11. Entre los días 55 y 60 DDE se aplicó la tercera fertilización, se aplicaron 2 bultos de Urea, 2 bultos de Sulfato de potasio y un bulto de triple 18 por hectárea, así mismo se repitió la aplicación hecha anteriormente en el día 45DDE pero se adicioneo un insecticida organofosforado de ingrediente activo Profenofos, su nombre comercial fue Curacron en dosis de 600ml/Ha.

12. Se invirtieron aproximadamente 27 jornales por hectárea para desmalezar y realizar el trabajo que los herbicidas no hicieron con un costo aproximada de \$675000/Ha.
13. Entre los días 75 y 80 se realizó la cuarta abonada, se aplicaron un bulto de sulfato de potasio, un bulto de cloruro de potasio y un bulto de Urea, así mismo se aplicó un fertilizante foliar de grado 10-20-7 de nombre comercial Nutrifonpa junto con un regulador de crecimiento, se trató de ácido giberelico, de nombre comercial Progibb 10SP, se aplicaron 20gr/Ha.
14. Se realizó una aplicación fitosanitaria dirigida a la espiga, se utilizó un fungicida del grupo de los ditiocarbamatos, de nombre comercial Dithane 60 OF, con dosis de 2,5 l/Ha, así mismo se aplicó un fungicida de amplio espectro de nombre comercial Amistar Top en dosis de 600ml/Ha

**ANEXO 3****MANEJO AGRONOMICO DEL SISTEMA SICA ORGANICO**

1. Al día siguiente de la preparación con la técnica del Fanguero se trasplanto el arroz en horas tempranas de la mañana, se trasplanto a distancia de 33cm entre plantas, una sola planta por sitio.
2. En los siguientes 3 días se aplicó agua al suelo y se formó lámina de agua de 1 a 2 cm para asegurar el prendimiento de las plántulas.
3. Pasados estos días se realizó el primer pase con la maquina desmalezadora, se le aplicó una tonelada/Ha de compost tipo A, el terreno se secó para esta operación y se dejó así mínimo por 24 horas
4. Al mismo tiempo de esta primer aplicación se aplicaron controles microbiológicos contra plagas, se usó *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis*, es un bioinsecticida especial para el control de dípteros y micro dípteros, el producto se llama BTi de la empresa Q-Biol y se aplicó 1l/Ha, se aplicaron cepas de microorganismos eficientes, el producto se llama EM, en dosis de 20L/Ha y se aplicó *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, el producto se llama Dipel y se aplicó 300gr/Ha y se aplicó tierra de diatomácea, un producto que contiene cristales de sílice en dosis de 100 gr/Ha
5. Entre los días 27 y 28 después de emergido el arroz, se realizó el segundo pase de la máquina, así mismo se aplicó e incorporo una tonelada de compost tipo B.
6. Hacia los 40 DDE se aplicaron 3 productos, el primero correspondió a una bacteria denominada *Burkholderia cepacia*, de nombre comercial Botrycid, en dosis de 1l/Ha, el segundo fue otra bacteria denominada *Bacillus subtilis* de nombre comercial Subtil en dosis de 1l/Ha y el tercero fue un hongo denominado *Trichoderma*, de nombre comercial Fitotripen, en dosis de 500gr/Ha y se aplicó tierra de diatomácea, un producto que contiene cristales de sílice en dosis de 100 gr/Ha.
7. En los 45 DDE se aplicó una mezcla de microorganismos eficientes con bioles de plantas bactericidas y fungicidas, se aplicó biol de Cola de caballo, caléndula, romero, chipaca y cilantro, las dosis de los bioles correspondieron a 1L / Ha y se usan 500gr de planta fresca/L de biol y se aplicó tierra de diatomácea, un producto que contiene cristales de sílice en dosis de 100 gr/Ha.
8. Entre los días 55 y 60 DDE se aplicó la tercera fertilización, se aplicó una tonelada de compost tipo B así como la incorporación respectiva junto al tercer pase de las maquinas desmalezadoras. Así mismo se aplicó un control microbiológico con los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae*, *Paeceolomices lilacinus*
9. Entre los días 75 y 80 se realizó la cuarta abonada, se aplicó una tonelada de compost tipo C, así mismo se realizó el cuarto pase de las maquinas desmalezadoras
10. Se realizó una aplicación fitosanitaria dirigida a la espiga, se compuso de las bacterias anteriormente nombradas con las mismas dosis y se aplicó tierra de diatomácea en dosis de 100 gr/Ha

**ANEXO 4****MANEJO AGRONOMICO DEL SISTEMA SICA QUIMICO**

1. Al día siguiente de la preparación con la técnica del Fanguero se trasplanto el arroz en horas tempranas de la mañana, se trasplanto a distancia de 33cm entre plantas, una sola planta por sitio.
2. En los siguientes 3 días se aplicó agua al suelo y se formó lámina de agua de 1 a 2 cm para asegurar el prendimiento de las plántulas.
3. Pasados estos días se suspendió el agua y se realizó la primera aplicación de herbicida. Una mezcla de dos herbicidas, el primero de ingrediente activo Byspiribac Sodium de nombre comercial Byspiagro 100 SC un herbicida post emergente sistémico en dosis de 180ml/ 20 L de solución, se aplicaron 700ml de Byspiagro por hectárea, más un herbicida selectivo al arroz, sistémico, se trata del ingrediente activo pendimetalina, de nombre comercial Prowl, se aplicó 4L por hectárea.
4. Entre los días 11 y 13 después de emergencia se aplicaron 4 bultos de 50kg cada uno de un fertilizante de grado triple 18 por hectárea, el terreno se secó para esta operación y se dejó así mínimo por 24 horas.
5. Al mismo tiempo de esta primer aplicación se aplicaron controles químicos contra plagas, se usó Clorpirifos, un insecticida organofosforado de nombre comercial Lorsban 4 EC, se aplicaron 600ml/Ha, se aplicó cipermetrina un insecticida piretroide de amplio espectro en dosis de 300ml/Ha.
6. Entre los días 27 y 28 después de emergido el arroz se secó el terreno y se aplicó un herbicida pos emergente de ingrediente activo 2,4 D, una amina en dosis de 800ml/Ha y un herbicida pos emergente sistémico de ingrediente activo Profoxidim, de nombre comercial AURA 20 EC en dosis de 1L/Ha
7. Hacia el día 30 DDE se realizó la segunda fertilización edáfica correspondiente a 4 bultos / Ha de triple 18 más un bulto / Ha de Urea.
8. Hacia los 40 DDE se aplicaron dos productos, el primero correspondió a un insecticida y acaricida de ingrediente activo Endosulfan, se trata de un organoclorado, de nombre comercial Thiodan en dosis de 400ml/Ha. Así mismo se usó un fungicida sistémico de ingrediente activo Propiconazol, con una dosis de 300ml/Ha.
9. En los 45 DDE se aplicó una mezcla de ingredientes activos, se trata de un producto de nombre comercial Taspá, se aplicó 320ml/Ha, así mismo se aplicó un fungicida y bactericida sistémico, un ingrediente activo denominado Validamicina, nombre comercial Validasin al 3% SL dosis de 200ml/Ha, así mismo se aplicó el ingrediente activo Kasugamicina, nombre comercial Kasumin en dosis de 400ml/Ha.
10. Entre los días 55 y 60 DDE se aplicó la tercera fertilización, se aplicaron 2 bultos de Urea, 2 bultos de Sulfato de potasio y un bulto de triple 18 por hectárea, así mismo se repitió la aplicación hecha anteriormente en el día 45DDE pero se adicioneo un insecticida

organofosforado de ingrediente activo Profenofos, su nombre comercial fue Curacron en dosis de 600ml/Ha.

11. Se invirtieron aproximadamente 27 jornales por hectárea para desmalezar y realizar el trabajo que los herbicidas no hicieron con un costo aproximada de \$675000/Ha.
12. Entre los días 75 y 80 se realizó la cuarta abonada, se aplicaron un bulto de sulfato de potasio, un bulto de cloruro de potasio y un bulto de Urea, así mismo se aplicó un fertilizante foliar de grado 10-20-7 de nombre comercial Nutrifonpa junto con un regulador de crecimiento, se trató de ácido giberelico, de nombre comercial Progibb 10SP, se aplicaron 20gr/Ha.
13. Se realizó una aplicación fitosanitaria dirigida a la espiga, se utilizó un fungicida del grupo de los ditiocarbamatos, de nombre comercial Dithane 60 OF, con dosis de 2,5 l/Ha, así mismo se aplicó un fungicida de amplio espectro de nombre comercial Amistar Top en dosis de 600ml/Ha

**ANEXO 5****MANEJO AGRONÓMICO DEL SISTEMA SICA MIXTO**

1. Al día siguiente de la preparación con la técnica del Fanguero se trasplanto el arroz en horas tempranas de la mañana, se trasplanto a distancia de 33cm entre plantas, una sola planta por sitio.
2. En los siguientes 3 días se aplicó agua al suelo y se formó lámina de agua de 1 a 2 cm para asegurar el prendimiento de las plántulas.
3. Pasados estos días se suspendió el agua y se realizó la primera aplicación de herbicida. Una mezcla de dos herbicidas, el primero de ingrediente activo Byspiribac Sodium de nombre comercial Byspiagro 100 SC un herbicida post emergente sistémico en dosis de 180ml/ 20 L de solución, se aplicaron 700ml de Byspiagro por hectárea, más un herbicida selectivo al arroz, sistémico, se trata del ingrediente activo pendimetalina, de nombre comercial Prowl, se aplicó 4L por hectárea.
4. Entre los días 11 y 13 después de emergencia se aplicaron 2 bultos de 50kg cada uno de un fertilizante de grado triple 18 por hectárea más una tonelada de compost tipo A descrito anteriormente, el terreno se secó para esta operación y se dejó así mínimo por 24 horas.
5. Al mismo tiempo de esta primer aplicación se aplicaron controles químicos contra plagas, se usó Clorpirifos, un insecticida organofosforado de nombre comercial Lorsban 4 EC, se aplicaron 600ml/Ha, se aplicó cipermetrina un insecticida piretroide de amplio espectro en dosis de 300ml/Ha.
6. Entre los días 27 y 28 después de emergido el arroz se dejó lámina de agua de 1 a 2 cm y se realizó el pase con la desmalezadora mecánica haciendo un control físico de arvenses.
7. Hacia el día 30 DDE se realizó la segunda fertilización edáfica correspondiente a 2 bultos / Ha de triple 18, medio bulto de Urea / Ha y una tonelada de compost tipo B descrito anteriormente.
8. Hacia los 40 DDE se aplicaron dos productos, el primero correspondió a un insecticida y acaricida de ingrediente activo Endosulfan, se trata de un organoclorado, de nombre comercial Thiodan en dosis de 400ml/Ha. Así mismo se usó un fungicida sistémico de ingrediente activo Propiconazol, con una dosis de 300ml/Ha.
9. En los 45 DDE se aplicó una mezcla de ingredientes activos, se trata de un producto de nombre comercial Taspá, se aplicó 320ml/Ha, así mismo se aplicó un fungicida y bactericida sistémico, un ingrediente activo denominado Validamicina, nombre comercial Validasin al 3% SL dosis de 200ml/Ha, así mismo se aplicó el ingrediente activo Kasugamicina, nombre comercial Kasumin en dosis de 400ml/Ha.
10. Entre los días 55 y 60 DDE se aplicó la tercera fertilización, se aplicaron 2 bultos de Urea, 2 bultos de Sulfato de potasio y un bulto de triple 18 por hectárea, así mismo se repitió la aplicación hecha anteriormente en el día 45DDE pero se adicioneo un insecticida organofosforado de ingrediente activo Profenofos, su nombre comercial fue Curacron en dosis de 600ml/Ha.

11. Entre los días 75 y 80 se realizó la cuarta abonada, se aplicaron un bulto de sulfato de potasio, un bulto de cloruro de potasio y un bulto de Urea, así mismo se aplicó un fertilizante foliar de grado 10-20-7 de nombre comercial Nutrifonpa junto con un regulador de crecimiento, se trató de ácido giberelico, de nombre comercial Progibb 10SP, se aplicaron 20gr/Ha.
12. Se realizó una aplicación fitosanitaria dirigida a la espiga, se utilizó un fungicida del grupo de los ditiocarbamatos, de nombre comercial Dithane 60 OF, con dosis de 2,5 l/Ha, así mismo se aplicó un fungicida de amplio espectro de nombre comercial Amistar Top en dosis de 600ml/Ha

**ANEXO 6**  
**COSTOS DE PRODUCCION DEL SICA ORGANICO**

**Tabla 26.** Costos de producción del SICA ORGANICO.

ACTIVIDADES	PATRON		2010			OBSERVACIONES
	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	% PARTICIPACION	VALOR TOTAL	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
LABORALES						
Pases de rastra	H-M	4	70000	3,7	280000	
Fanguero	H-M	4	90000	4,1	360000	
Nivelación	H-M	1	90000	1,0	90000	
Trasplante	jornal	41	15000	7,1	615000	
Control manual de arvenses	jornal	80	15000	13,8	1200000	Maquina Contrato
Control mecánico de arvenses	jornal	120	15000	20,7	1800000	
Control químico de arvenses	jornal	0	25000	0,0	0	
Control de plagas y enfermedades	jornal	4,5	25000	1,3	112500	
Fertilización	jornal	21	15000	3,6	315000	
Aplicación de riego	No	15	8000	1,4	120000	
<b>Subtotal</b>				<b>56,3</b>	<b>4892500</b>	
<b>INSUMOS</b>						
Semillas	kg	25	1500	0,4	37500	
Bacterias antifúngicas	Lt	4	57500	2,6	230000	Botrycid, Subtil, Dipel, Fitotripen
Bacterias insecticidas	Lt	1	50000	0,6	50000	
Bacterias insecticidas	kg	0,3	100000	0,3	30000	
Hongos antagonistas	kg	2	90000	2,1	180000	
Compostaje	tonelada	4	400000	18,4	1600000	
Bioles y silicio	Lt	5	4000	0,2	20000	
Empaques	Sacos semestres	120	2000	2,8	240000	Tierra de diatomea, Cola de caballo, Caléndula
Asistencia técnica	semestre	1	200000	2,3	200000	
<b>Subtotal</b>				<b>29,8</b>	<b>2587500</b>	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>86,1</b>	<b>7480000</b>	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Arrendamiento	semestre	1	900000	10,4	900000	
Recolección zorro y transporte	bultos semestres	120	200000	2,3	200000	
Administración	semestre	1	50000	0,6	50000	
Imprevistos	semestre	1	60000	0,7	60000	
<b>Subtotal</b>				<b>13,9</b>	<b>1210000</b>	

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>					<b>8690000</b>	
<b>RENDIMIENTO</b>	TON/ HA	<b>8,02</b>	950000		<b>7615200</b>	
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	TON/ HA	<b>9,15</b>				
<b>INGRESO NETO</b>					<b>-1074800</b>	

## ANEXO 7

## COSTOS DE PRODUCCION DEL SISTEMA CONVENCIONAL

Tabla 27. Costos de producción del SISTEMA CONVENCIONAL.

ACTIVIDADES	PATRON		2010			OBSERVACIONES	
	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	% PARTICIPACION	VALOR TOTAL		
<b>COSTOS DIRECTOS</b>							
LABORALES							
Pases de rastra	H-M	4	70000	4,76	280000	CONTRATO MAQUINARIA LOTE CON PROBLEMAS DE RESISTENCIA DE <i>Setaria viridis</i> DESYERBA MANUAL INEVITABLE	
Fanguero	H-M	4	90000	6,12	360000		
Nivelación	H-M	1	90000	1,53	90000		
Siembra	H-M	2	70000	2,38	140000		
Trasplante	jornal	0	25000	0,00	0		
Control manual de arvenses	jornal	27	25000	11,48	675000		
Control mecánico de arvenses	jornal	0	25000	0,00	0		
Control químico de arvenses	jornal	10	25000	4,25	250000		
Control de plagas y enfermedades	jornal	10	25000	4,25	250000		
Fertilización	jornal	2,5	25000	1,06	62500		
Aplicación de riego	No	15	8000	2,04	120000		
<b>Subtotal</b>				<b>37,89</b>	<b>2227500</b>		
<b>INSUMOS</b>							
Semillas	kg	200	1500	5,10	300000		CURACRON, LORSBAN, CIPERMETRINA, THIODAN, TASP, BYSPIAGRO, PROWL, AURA  UREA, TRIPLE 18
Insecticidas	Lt	1,9	60526	1,96	115000		
Fungicidas y bactericidas	Lt	4,6	33696	2,64	155000		
Fertilizantes simples	Bulto	4	47700	3,25	190800		
Fertilizantes compuestos	Bulto	12	65000	13,27	780000		
Herbicidas	Lt	6,8	73529	8,51	500000		
Empaques	Sacos semestre	110	2000	3,74	220000		
Asistencia técnica	semestre	1	200000	3,40	200000		
<b>Subtotal</b>				<b>41,86</b>	<b>2460800</b>		
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>79,76</b>	<b>4688300</b>		
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>							
Arrendamiento	semestre	1	900000	15,31	900000		
Recolección zorro y transporte	bultos semestre	110	180000	3,06	180000		
Administración	semestre	1	50000	0,85	50000		

Imprevistos	semes tre	1	60000	1,02	60000	
<b>Subtotal</b>				20,24	1190000	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>					<b>5878300</b>	
<b>RENDIMIENTO</b>	TON/ Ha	6,9	950000		6555000	
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	TON/ Ha	6,18768				
<b>INGRESO NETO</b>		42			<b>676700</b>	

**ANEXO 8**  
**COSTOS DE PRODUCCION DEL SICA MIXTO**

ACTIVIDADES	PATRON		2010			OBSERVACIONES
	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	% PARTICIPACION	VALOR TOTAL	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
LABORALES						
Pases de rastra	H-M	4	70000	4,5	280000	
Fanguero	H-M	4	90000	4,9	360000	
Nivelación	H-M	1	90000	1,2	90000	
Trasplante	jornal	41	15000	8,3	615000	
Control manual de arvenses	jornal	40	15000	8,1	600000	Maquina Contrato
Control mecánico de arvenses	jornal	60	15000	12,2	900000	
Control químico de arvenses	jornal	5	25000	250,0	125000	
Control de plagas y enfermedades	jornal	5	25000	1,7	125000	
Fertilización	jornal	14	15000	2,9	210000	
Aplicación de riego	No	15	8000	1,6	120000	
<b>Subtotal</b>				<b>46,5</b>	<b>3425000</b>	
<b>INSUMOS</b>						
Semillas	kg	25	1500	0,5	37500	Botrycid, Subtil, Dipel, Fitotripen.
Bacterias antifúngicas	Lt	2	57500	1,6	115000	CURACRON, LORSBAN, CIPERMETRI
Bacterias insecticidas	Lt	0,5	50000	0,3	25000	NA,
Bacterias insecticidas	kg	0,15	100000	0,2	15000	THIODAN,
Insecticidas	Lt	0,95	115000	9,0	109250	TASPA,
Herbicidas	Lt	3,4	73529	20,7	250000	BYSPIAGRO,
Fungicidas y bactericidas	Lt	2,3	155000	29,5	356500	PROWL,
Hongos antagonistas	kg	1	90000	1,2	90000	AURA
Fertilizantes simples	Bulto	2	47700	1,3	95400	
Fertilizantes compuestos	Bulto tonela	6	65000	5,3	390000	
Compostaje		2	400000	10,9	800000	
Bioles y silicio	Lt	2	4000	0,1	8000	Tierra de diatomea,
Empaques	Sacos semes	120	2000	3,3	240000	Cola de caballo,
Asistencia técnica	tre	1	200000	2,7	200000	Caléndula. UREA, TRIPLE 18
<b>Subtotal</b>				<b>37,1</b>	<b>2731650</b>	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>83,6</b>	<b>6156650</b>	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Arrendamiento	semes	1	900000	12,2	900000	

Recolección zorreo y transporte	bultos seme tre	120	200000	2,7	200000
Administración	tre seme tre	1	50000	0,7	50000
Imprevistos		1	60000	0,8	60000
<b>Subtotal</b>				<b>16,4</b>	<b>1210000</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>					<b>7366650</b>
<b>RENDIMIENTO</b>	TON/ HA	<b>5,98</b>	950000		<b>5681000</b>
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	TON/ HA	<b>7,75</b>			
<b>INGRESO NETO</b>					<b>-1685650</b>

**ANEXO 9**  
**COSTOS DE PRODUCCION DEL SICA QUIMICO**

ACTIVIDADES	PATRON		2010			OBSERVACIONES
	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	% PARTICIPACION	VALOR TOTAL	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
LABORALES						
Pases de rastra	H-M	4	70000		280000	
Fanguero	H-M	4	90000		360000	
Nivelación	H-M	1	90000		90000	CONTRATO
Siembra	H-M	2	70000		140000	MAQUINARIA
Trasplante	jornal	41	15000		615000	A
Control manual de arvenses	jornal	27	25000		675000	LOTE
Control mecánico de arvenses	jornal	0	25000		0	CONPROBLE
Control químico de arvenses	jornal	10	25000		250000	MAS DE
Control de plagas y enfermedades	jornal	10	25000		250000	RESISTENCIA
Fertilización	jornal	2,5	25000		62500	DE <i>Setaria viridis</i>
Aplicación de riego	No	15	8000		120000	DESYERBA
<b>Subtotal</b>					<b>2842500</b>	MANUAL
<b>INSUMOS</b>						
Semillas	kg	25	1500		37500	INEVITABLE
Insecticidas	Lt	1,9	60526		115000	CURACRON,
Fungicidas y bactericidas	Lt	4,6	155000		713000	LORSBAN,
Fertilizantes simples	Bulto	4	47700		190800	CIPERMETRINA,
Fertilizantes compuestos	Bulto	12	65000		780000	THIODAN,
Herbicidas	Lt	6,8	73529		500000	TASPA,
Empaques	Sacos semestre	110	2000		220000	BYSPIAGRO,
Asistencia técnica	semestre	1	200000		200000	PROWL,
<b>Subtotal</b>					<b>2756300</b>	AURA
<b>Total costos directos</b>					<b>5598800</b>	UREA,
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Arrendamiento	semestre	1	900000		900000	TRIPLE 18
Recolección zorro y transporte	bultos semestre	110	180000		180000	
Administración	semestre	1	50000		50000	
Imprevistos	semestre	1	60000		60000	

<b>Subtotal</b>					1190000	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>					<b>6788800</b>	
<b>RENDIMIENTO</b>	TON/ Ha	6,9	950000		6555000	
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	TON/ Ha	7,146105 263				
<b>INGRESO NETO</b>					<b>-233800</b>	

**ANEXO 10.**  
**FOTOGRAFIAS DE ARVENSES ASOCIADAS AL EXPERIMETNO**



**Figura 58.** Barba de indio. Foto Acosta 2010.



**Figura 59.** Caminadora. Foto Acosta 2010.



**Figura 60.** Cola de zorro. Foto Acosta 2010



**Figura 61.** Liendre Puerco. Foto Acosta 2010.



**Figura 62.** Palo de agua. Foto Acosta 2010



**Figura 63.** Piña. Foto Acosta 2010.



**Figura 64.** Verdolaga. Foto Acosta 2010.

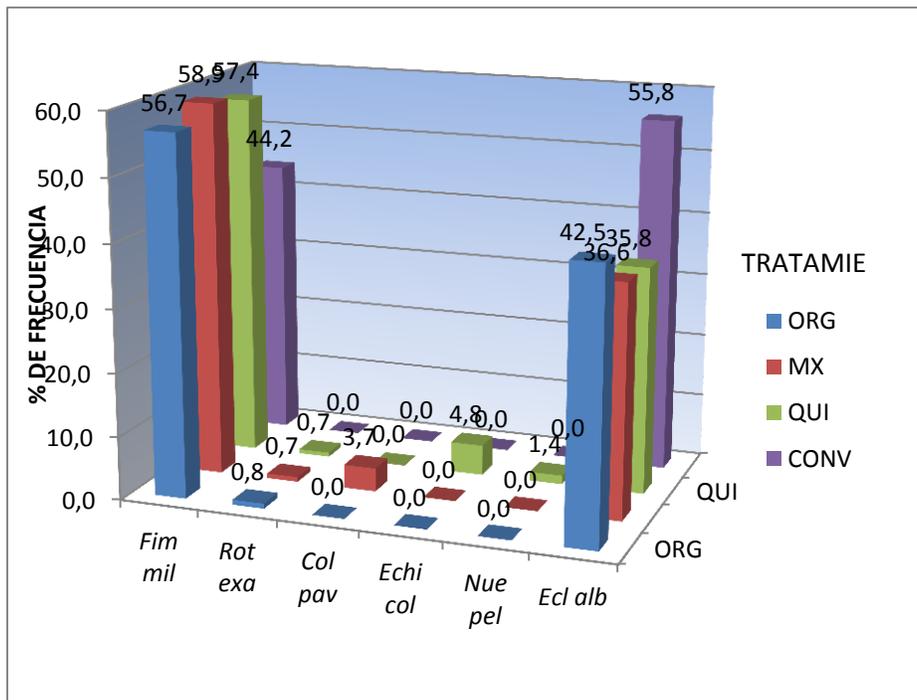
**ANEXO 11**

Daño de mosca *Hydrellia* sp. En plántulas de arroz variedad F733.

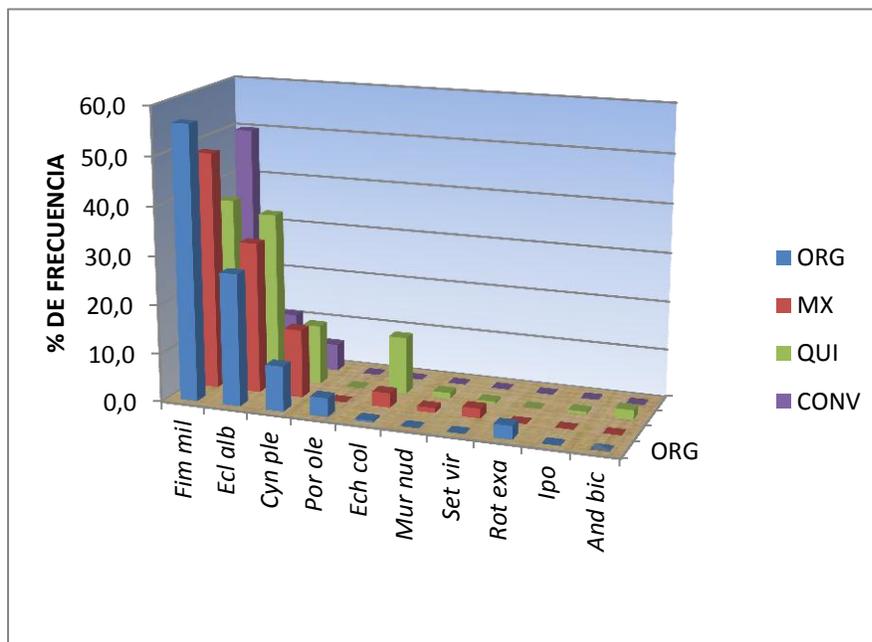


**Figura 65.** Daño de *Hydrellia* sp.

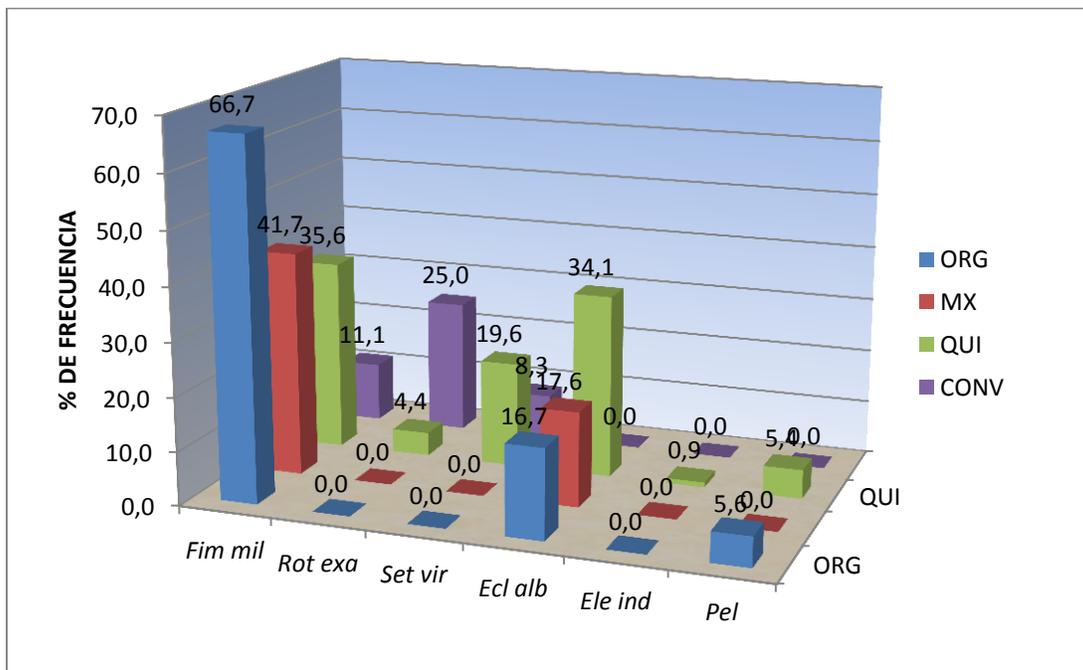
**AXEXO 12.** FRECUENCIAS DE MALEZAS Y ARVENSES A TRAVEZ DEL TIEMPO.



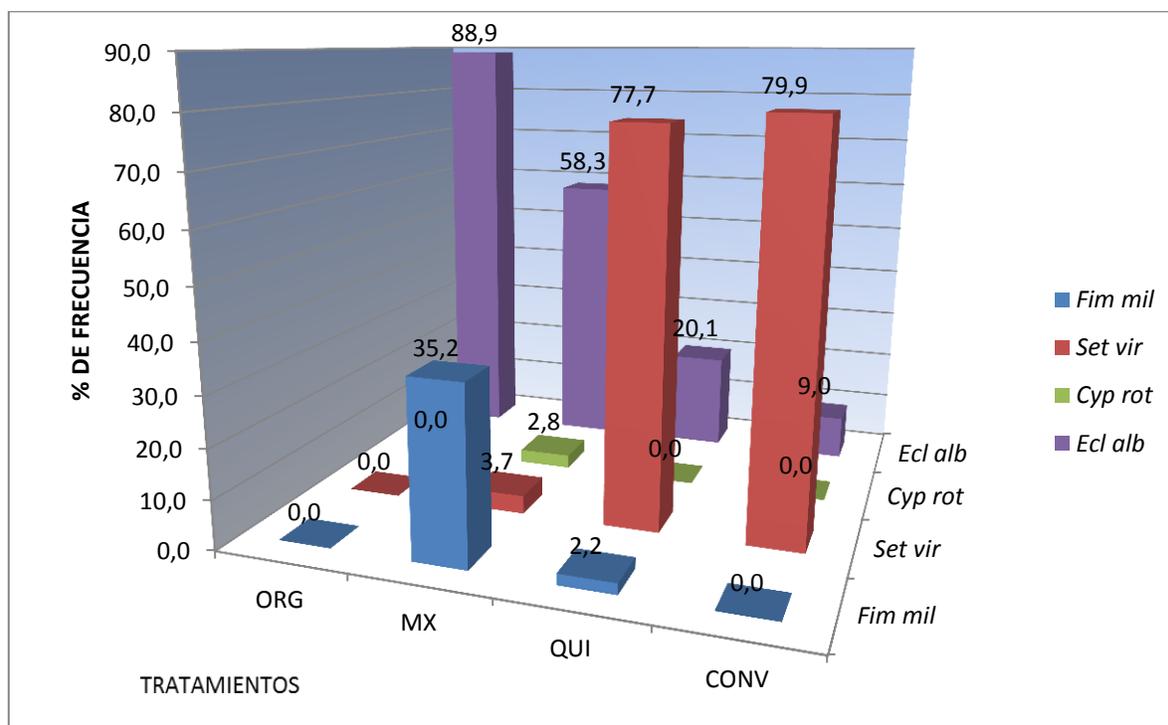
**Figura 66.** Dinámica de arvenses a los 11 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos



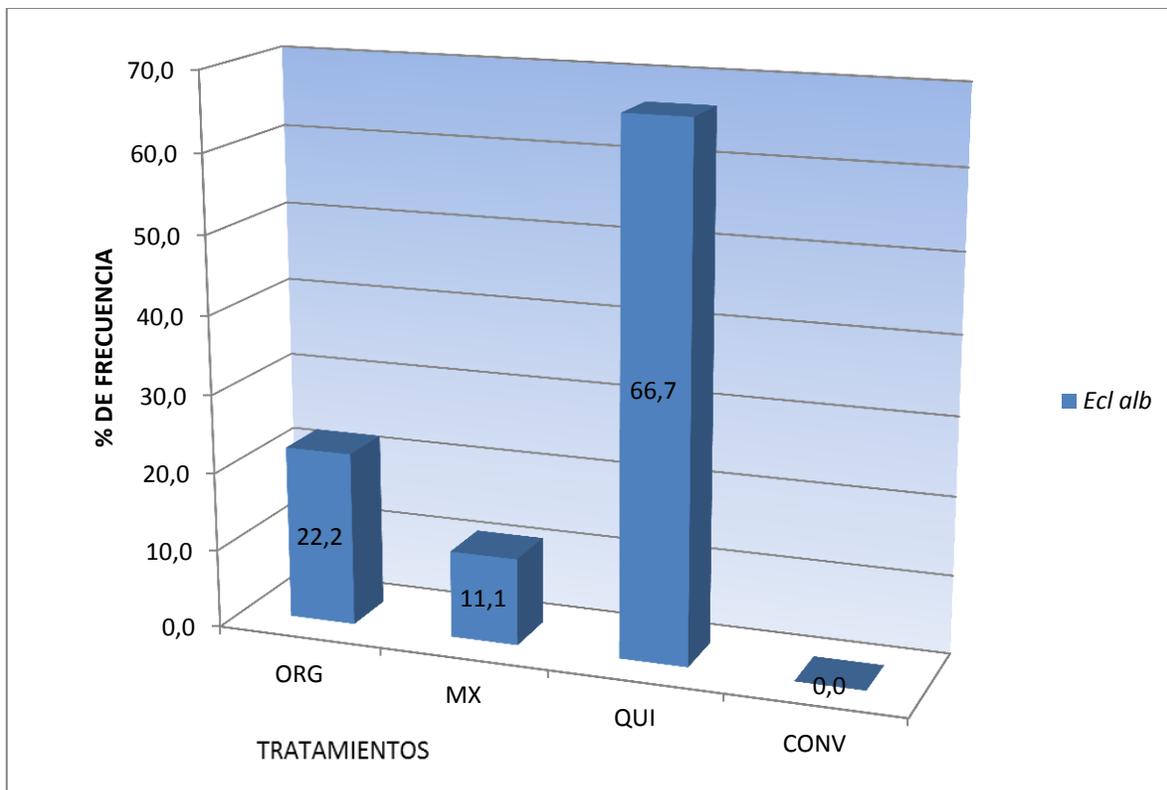
**Figura 67.** Dinámica de arvenses a los 26 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos.



**Figura 68.** Dinámica de arvenses a los 41 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos.



**Figura 69.** Dinámica de arvenses a los 58 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamientos.



**Figura 70.** Dinámica de arvenses a los 69 días después de trasplantado el arroz en los distintos tratamiento