

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE MANEJO DEL AGUA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ DE
SECANO EN EL NORTE URUGUAYO**

por

Aníbal ORTIZ SILVA

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Guillermo Siri

Ing. Agr. Claudio García

Ing. Agr. Oswaldo Ernst

Fecha: 10 de junio de 2010

Autor: -----
Aníbal Ortiz Silva

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. Guillermo Siri director de tesis y a Oswaldo Ernst de Facultad de Agronomía por la orientación y dedicación prestada para la realización de este trabajo.

A los Ing. Agr. Claudio García de INIA Las Brujas y Reimar Carlesso de la Universidad Federal de Santa María de Brasil por la orientación en el manejo del riego y el tiempo dedicado en las determinaciones realizadas durante el ciclo del cultivo.

Al Sr. Diego Otegui y a los Ing. Agr. Bernardo Böcking, Juan Carnelli, Santiago Bandeira y Pablo Silveira de la empresa Donistar S. en C. y al personal por su apoyo ofrecido durante la realización del trabajo.

A Glencore S.A. por el aporte de la semilla con que se llevo a cabo el trabajo.

Al Sr. Ariel Rodríguez por su colaboración brindada durante la realización del trabajo.

A los tesistas Fabricio Pivetta y Diego Lluberas por la colaboración prestada.

Al Bach. Juan Ingold por su colaboración en el procesamiento de las muestras en el laboratorio.

A mi familia por el apoyo brindado durante toda la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>ARROZ DE SECANO</u>	3
2.1.1 <u>Condiciones para el cultivo</u>	3
2.1.1.1 <u>Temperatura</u>	3
2.1.1.2 <u>Agua</u>	4
2.1.1.3 <u>Suelos</u>	5
2.1.1.4 <u>Nutrientes</u>	6
2.1.2 <u>Clasificación de variedades</u>	8
2.1.3 <u>Características de las variedades</u>	9
2.1.3.1 <u>Características agronómicas</u>	9
2.1.3.2 <u>Características fenológicas</u>	9
2.1.3.3 <u>Características morfológicas</u>	10
2.1.4 <u>Características del cultivar que originó al cultivar "Gardel"</u>	10
2.2 <u>RIEGO EN ARROZ DE SECANO</u>	11
2.2.1 <u>Efecto del riego en la absorción y exportación de nutrientes</u>	11
2.2.2 <u>Efecto del riego en la altura</u>	13
2.2.3 <u>Efecto del riego en el vuelco</u>	14
2.2.4 <u>Efecto del riego en la materia seca</u>	14
2.2.5 <u>Efecto del riego en el índice de área foliar</u>	15
2.2.6 <u>Efecto del riego en los días a floración y en el ciclo fisiológico</u>	16
2.2.7 <u>Efecto del riego en el número de tallos</u>	18
2.2.8 <u>Efecto del riego en el rendimiento de grano y en componentes del rendimiento</u>	18
2.2.9 <u>Efecto del riego en la calidad de granos</u>	20
2.3 <u>DENSIDAD DE PLANTAS DE ARROZ DE SECANO</u>	22
2.3.1 <u>Efecto de la densidad de plantas en la absorción y exportación de nutrientes</u>	22
2.3.2 <u>Efecto de la densidad de plantas en las enfermedades</u>	22
2.3.3 <u>Efecto de la densidad de plantas en la altura</u>	23

2.3.4	<u>Efecto de la densidad de plantas en el vuelco</u>	24
2.3.5	<u>Efecto de la densidad de plantas en la materia seca</u>	25
2.3.6	<u>Efecto de la densidad de plantas en el índice de área foliar</u>	26
2.3.7	<u>Efecto de la densidad de plantas en el número de tallos</u>	26
2.3.8	<u>Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de grano y en componentes del rendimiento</u>	28
2.3.9	<u>Efecto de la densidad de plantas en la calidad de granos</u>	31
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	33
3.1	<u>LOCALIZACIÓN</u>	33
3.2	<u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	33
3.2.1	<u>Tratamientos de riego</u>	33
3.2.2	<u>Tratamientos de población</u>	34
3.3	<u>MANEJO DEL CULTIVO</u>	34
3.3.1	<u>Preparación de suelo</u>	34
3.3.2	<u>Siembra</u>	34
3.3.3	<u>Fertilización</u>	34
3.3.4	<u>Riego</u>	35
3.3.4.1	Método de riego.....	35
3.3.5	<u>Malezas</u>	36
3.3.6	<u>Enfermedades</u>	36
3.3.7	<u>Plagas</u>	36
3.3.8	<u>Cosecha</u>	36
3.4	<u>DETERMINACIONES</u>	36
3.4.1	<u>En suelo y riego</u>	36
3.4.1.1	Curva característica de agua en el suelo.....	36
3.4.1.2	Infiltración de agua en el suelo.....	37
3.4.1.3	Tiempo de oportunidad de infiltración y lámina aplicada.....	38
3.4.1.4	Eficiencia de aplicación, percolación profunda y escurrimiento superficial del agua de riego.....	38
3.4.1.5	Tensión del agua en el suelo.....	38
3.4.1.6	Medición de caudal de riego.....	39
3.4.2	<u>En el cultivo</u>	39
3.4.2.1	Densidad de plantas.....	39
3.4.2.2	Altura.....	39
3.4.2.3	Materia seca.....	39
3.4.2.4	Índice de área foliar.....	40
3.4.2.5	Componente del rendimiento.....	40
3.4.2.6	Número de panojas.....	40

3.4.2.7 Número de granos llenos por panoja.....	40
3.4.2.8 Peso de mil granos.....	41
3.4.3 <u>Registro climático</u>	41
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	42
4.1 <u>CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL AÑO</u>	42
4.1.1 <u>Temperatura</u>	42
4.1.2 <u>Precipitaciones</u>	43
4.1.3 <u>Heliofanía</u>	47
4.1.4 <u>Evaporación de tanque A</u>	49
4.2 <u>DENSIDAD DE PLANTAS</u>	50
4.3 <u>GASTO DE AGUA</u>	51
4.3.1 <u>Consumo total de agua</u>	51
4.3.2 <u>Consumo de agua de riego</u>	52
4.4 <u>RESULTADOS EN EL CULTIVO</u>	54
4.4.1 <u>Altura</u>	54
4.4.2 <u>Materia seca</u>	57
4.4.3 <u>Índice de área foliar</u>	59
4.4.4 <u>Rendimiento en grano</u>	60
4.4.4.1 Componentes de rendimiento.....	63
4.4.5 <u>Eficiencia de uso de agua</u>	67
5. <u>CONCLUSIONES</u>	69
6. <u>RESUMEN</u>	70
7. <u>SUMMARY</u>	72
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	74
9. <u>ANEXOS</u>	84

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Respuesta del arroz a la temperatura en diferentes estadios de crecimiento.....	4
2. Requerimiento de agua del cultivo de arroz.....	5
3. Síntomas de deficiencia y exceso de macronutrientes.....	8
4. Características del cultivar canastra.....	11
5. Número de días de emergencia a floración, ciclo del cultivo y láminas de agua.....	17
6. Tratamientos de riego.....	34
7. Tratamientos de población.....	34
8. Inicio y fin de riegos.....	35
9. Cantidad de riegos durante el ciclo del cultivo.....	35
10. Precipitaciones en mm para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento sin riego (R0).....	44
11. Precipitaciones para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R33).....	45
12. Precipitaciones para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R66).....	45
13. Precipitaciones para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R100).....	46
14. Precipitaciones pre siembra.....	46

15. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento sin riego (R0).....	47
16. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R33).....	48
17. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R66).....	48
18. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R100).....	49
19. Densidad de plantas a los 21 días post siembra.....	50
20. Consumo de agua de riego y de precipitaciones según estado fisiológico aproximado del cultivo para los tratamientos de riego.....	52
21. Consumo de agua de riego según estado fisiológico aproximado del cultivo para los tratamientos de riego.....	54
22. Lámina aplicada promedio para cada tratamiento de riego.....	54
23. Altura de plantas en centímetros para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones) a los 77, 96 y 110 días post siembra.....	55
24. Altura de plantas para los tratamientos de población (promedio de riegos) a los 77, 96 y 110 días post siembra.....	56
25. Materia seca en megagramos por hectárea para los tratamientos de riego (promedio de población alta) a los 58 y 86 días post siembra.....	57
26. Materia seca para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones) a los 141 días post siembra.....	58
27. Materia seca para los tratamientos de población (promedio de riegos) a los 141 días post siembra.....	58

28. IAF para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones) a los 72, 86, 113 y 141 días post siembra.....	59
29. IAF para los tratamientos de población (promedio de riegos) a los 72, 86, 113 y 141 días post siembra.....	60
30. Componentes de rendimiento para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones).....	63
31. Componentes de rendimiento para los tratamientos de población (promedio de riegos).....	65
32. Componentes de rendimiento para los tratamientos de riego y población.....	66
Figura No.	
1. Temperatura media, máxima y mínima promedio decádica para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.....	42
2. Temperatura media, máxima y mínima desde embarrigado hasta floración para los tratamientos de riego R33, R66 y R100.....	43
3. Precipitación decádica para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica 1990/05.....	44
4. Horas de sol o heliofanía promedio decádica para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.....	47
5. Evaporación promedio decádica del tanque A para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.....	50
6. Consumo de agua de riego y de precipitaciones.....	51
7. Consumo de agua de riego y recomendación de riego.....	53
8. Rendimiento en grano limpio para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones).....	61
9. Rendimiento en grano limpio para los tratamientos de población (promedio de riegos).....	62

10. Rendimiento en grano limpio para los tratamientos de riego y población.....	63
11. Relación de conversión grano/ agua recibida en tratamientos de riego y población.....	67

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cultivos de verano de mayor importancia en el Uruguay, tanto por el área, la tecnología utilizada y por su alto rendimiento. En la zafra 2005/06 se sembraron 177292 has obteniéndose una producción de 1.3 millones de toneladas, con un rendimiento medio de 7290 kg/ha (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006).

Este cultivo se realiza en las zonas Este, Centro y Norte del país, diferenciándose las mismas, por su topografía, suelos y fuentes de agua. En la zona Este la topografía es plana, los suelos tienen drenaje pobre y existe mayor disponibilidad de fuentes de agua. Mientras que en las zonas Centro y Norte la topografía es ondulada, los suelos tienen buen drenaje y existe menor disponibilidad de fuentes de agua.

En las diferentes zonas, el cultivo se realiza en su totalidad bajo riego por inundación, con un consumo promedio durante el período de riego de 15000 m³/ha (Gamarra, 1996). Este riego depende de fuentes de agua como: ríos, arroyos, lagunas y represas.

En los últimos años estas fuentes de agua principalmente las represas más comúnmente utilizadas en la zona Norte, han sido afectadas por la variabilidad climática. Estas son afectadas negativamente en años considerados niña, donde las menores o nulas precipitaciones no permiten la recarga adecuada de agua. Por lo tanto esta menor disponibilidad de agua limita el área potencial a sembrar en la zona Norte. Además existe la limitante de mayor gasto de agua como consecuencia del buen drenaje de estos suelos.

Por esto, se considera que la producción de arroz en la zona Norte tendría que ser más eficiente en el uso del agua. La utilización de variedades de arroz de secano podrían cumplir con este requisito, haciendo necesario un mejor manejo del agua de riego.

La información nacional publicada es nula sobre este aspecto, lo cual se planteo la necesidad de generar información en estos sistemas de producción.

Para esto se plantearon los siguientes objetivos en el presente trabajo:

1. Evaluar el efecto de diferentes manejos del agua de riego y densidades de plantas, sobre el rendimiento del cultivo de arroz de secano cv. Gardel.

2. Evaluar el comportamiento morfo-fisiológico del cultivo de arroz y los componentes del rendimiento final de grano.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ARROZ DE SECANO

Existen dos especies de arroz, *Oryza sativa* y *Oryza glaberrima*. La primera es originaria de Asia y se encuentra en todas las regiones tropicales y templadas del mundo. La segunda es originaria de África Occidental y está siendo sustituida por la especie asiática (Pereira et al., 1999). La especie *Oryza sativa* ha tenido un proceso evolutivo y de domesticación, del cual han derivado un amplio número de tipos genéticamente diferentes de los cuales se fueron adaptando a las distintas condiciones agroecológicas, donde en la actualidad la especie se encuentra subdivida en dos subespecies, llamadas Indica y Japónica. Las variedades de arroz de secano pertenecen a estos grupos de subespecies, siendo la variedad de secano tradicional perteneciente a Japónica, mientras que la variedad de secano moderna pertenece a los dos grupos, ya que son híbridos de Indica y Japónica (Pinheiro, citado por Pereira et al., 1999).

El arroz de secano se cultiva en Asia, África y América Latina, principalmente por agricultores pequeños o subsistentes en las regiones más pobres del mundo (De Datta, 1975c). Los países de mayor importancia en el cultivo de arroz de secano son; en Asia (India, Indonesia, Bangladés, China, y Filipinas), en África (Sierra Leona, Guinea, Nigeria, Costa de Marfil, y Liberia) y en América Latina (Brasil, Colombia, Guyana, Panamá, Ecuador, Perú, Venezuela, y varios países centroamericanos). Los rendimientos generalmente son bajos: de 0.5 a 1.5 t/ha en Asia; alrededor de 0.5 t/ha en África; y de 1 a 4 t/ha en América Latina.

2.1.1 Condiciones para el cultivo

2.1.1.1 Temperatura

Las temperaturas mínimas y máximas requeridas para el arroz se ubican generalmente entre 20 °C y 30 °C, pero varían de acuerdo con el estado de crecimiento del cultivo (Ferraz, 1983). El mismo autor menciona que las temperaturas críticas difieren entre variedades. Puede tener un efecto mayor o menor según la duración de esa temperatura crítica, y el efecto de la baja temperatura nocturna puede ser minimizado si la temperatura diurna es alta.

La temperatura ideal para la maduración de arroz en Japón es de 20 °C a 22 °C. Temperaturas de 29 °C durante la maduración no ocasionarán limitantes en la producción de variedades de arroz "Indica", siempre y cuando la radiación solar sea alta.

Cuadro No. 1. Respuesta de estadios fisiológicos de plantas de arroz según la temperatura.

Estadio de crecimiento	Temperatura crítica °C		
	Mínima	Máxima	Optima
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento de "seedling"	12-13	35	25-30
Enraizamiento	16	35	25-30
Elongación de hojas	7-12	45	31
Macollaje	9-16	33	25-31
Inicio de primordios de panoja	15	-	-
Diferenciación de panoja	15-20	38	-
Antesis	22	35	30-33
Maduración	12-18	39	20-25

Fuente: Yoshida, citado por Ferraz (1983).

2.1.1.2 Agua

Para Ferraz (1983) el agua desempeña un papel fundamental en la vida de las plantas, llegando a constituir 90% del peso del protoplasma, tienen una serie de reacciones químicas inclusive en la fotosíntesis, funciona como solvente de varias sustancias; tiene alto calor específico lo que permite que las plantas absorban radiación solar sin que se caliente demasiado; asegura por la turgencia rigidez a las hojas jóvenes, pétalos y otras estructuras delicadas, permite la abertura y cierre de estomas. No obstante esto, las plantas son extremadamente ineficientes en el manejo del agua. Cerca del 98% del agua que una planta de maíz retira del suelo, se pierde por transpiración. Mohan, citado por Ferraz (1983) considera que el arroz requiere más agua de que cualquier otro cultivo de duración similar en el campo.

En el cuadro No. 2, se presentan los datos pertenecientes a cultivos de arroz bajo riego. En arroz de secano los gastos de agua no deben diferir demasiado con estos valores (Ferraz, 1983).

Para el mismo autor, en la práctica el arroz es cultivado en regiones donde llueve en promedio 1000 mm por año. Considerando que se consume 5 a 10 mm por día, la falta de agua en cualquier fase del cultivo puede causar daños. Plantas pequeñas, con área foliar y macollaje reducido son comunes cuando el cultivo tiene déficits hídricos en la etapa vegetativa. Pero si antes de la floración el déficit hídrico desaparece, el cultivo puede recuperarse y producir

satisfactoriamente. El gran problema que tiene el cultivo de arroz de secano es cuando el déficit hídrico ocurre en la etapa reproductiva. En esta situación las pérdidas pueden ser enormes, pues la esterilidad de las espiguillas llega a valores muy altos, además el llenado de granos es incompleto.

Cuadro No. 2. Requerimiento de agua del cultivo de arroz.

Perdidas de agua	Transpiración	1.5 a 9.8 mm/día
	Evaporación	1.0 a 6.2 mm/día
	Percolación	0.2 a 15.6 mm/día
Rango de pérdida diaria		5.6 a 20.4 mm/día
Perdidas por operaciones de campo	Siembra	40 mm
	Preparación de tierra	200 mm
	Riego	1000 mm

Fuente: Yoshida, citado por Ferraz (1983).

Por otro lado, Brown, citado por De Datta y Vergara (1975a) reportó que para América Latina, precipitaciones de 1000 mm anuales con 200 mm mensuales durante la estación de crecimiento, son suficientes para el cultivo de arroz de secano. Este concluye que con precipitaciones de menos de 200 mm mensuales no se puede cultivar arroz de secano.

2.1.1.3 Suelos

Las características de los suelos sobre el cual se cultiva el arroz son tan diversas como lo son las condiciones climáticas al cual se expone el mismo. La textura del suelo varía de arenoso a arcilloso; el pH varía de 3 a 10; el contenido de materia orgánica varía de 1 a 50%; el contenido de sal, cerca de 0 a 1%; y la disponibilidad de nutrientes varía de deficiencia aguda a excedente. El arroz es también expuesto a cambios dinámicos en regímenes de humedad, que varían desde tierra seca a distintos niveles de humedad (Ponnamperuma, citado por De Datta y Feuer, 1975b).

Según De Datta y Feuer (1975b) la textura es particularmente importante en campos de arroz de secano que no tienen diques para mantener la humedad del suelo.

La fertilidad varía entre límites, siendo el inferior representado por algunos oxisoles muy drenados y el superior correspondiendo a suelos de aluviones mal drenados como los de la costa del Pacífico de Costa Rica y de Perú.

2.1.1.4 Nutrientes

✓ Nitrógeno

Según Malavolta y Filho (1983) en suelos de secano predomina el nitrógeno mineral en forma de nitrato (N-NO_3).

Para los mismos autores, las variedades de arroz de secano responden relativamente menos al N que las variedades de riego, principalmente las de productividad alta. El estímulo al macollaje y a la formación de nuevas hojas produce sombreado, vuelco y disminución de la producción, siempre que el N sea aplicado en dosis altas. El aumento del área foliar puede afectar a la producción en condiciones de bajas precipitaciones (Stone y Steinmetz, citados por Malavolta y Filho, 1983).

Según Fageria (1983) la aplicación de N depende del déficit en el suelo y del ciclo del cultivar, siendo requerido esencialmente durante el desarrollo vegetativo hasta la floración.

Yoshida, citado por Malavolta y Filho (1983), concluye que existen dos épocas para la aplicación de N en cobertura, las cuales son en macollaje y en iniciación de la panoja.

En Uruguay la aplicación de N en cultivos de arroz bajo riego se realiza de forma fraccionada, en general la mayoría se realiza en la siembra, macollaje y primordio. En estos dos últimos períodos, se determina el número de panojas por hectárea y el número de granos por panoja respectivamente, siendo en estos períodos donde se dan los mayores requerimientos de N. Las recomendaciones de fertilización para todo el ciclo del cultivo sería de 60 a 80 kg de N/ha (Gamarra, 1996).

✓ Fósforo

En cuanto al fósforo, la disponibilidad es más baja en los suelos de arroz de secano que en aquellos donde se cultiva bajo inundación. Los de secano son aeróbicos, tienden a ser más ácidos y tienen mayor capacidad de fijación de P, lo que lleva a usar dosis comparativamente más altas de fertilizantes fosfatados (Yoshida, citado por Malavolta y Filho, 1983).

Las variedades de secano tienen capacidades diferentes para la absorción o utilización del P de suelo o de la fertilización. Por esto se presenta

la siguiente clasificación (Fageria y Barbosa, citados por Malavolta y Filho, 1983).

Grupo 1: cultivares eficientes sin respuesta; producen bien con bajo nivel de P y no responden proporcionalmente a dosis altas.

Grupo 2: cultivares eficientes con respuesta; producen bien con bajo nivel de P y responden a dosis altas.

Estos mismos concluyen que son necesarias diferentes recomendaciones de fertilización fosfatada en un mismo suelo para diferentes cultivares.

El fósforo se aplica a la siembra y es considerado como uno de los nutrientes más importantes para la planta. Es necesario en el estado inicial de crecimiento (Fageria, 1983).

La aplicación de P en el cultivo de arroz bajo riego en Uruguay se realiza a la siembra. Para tomar la decisión de aplicar se debe tener en consideración a la historia de la chacra y el resultado del análisis de suelo como una estimación de la disponibilidad de P. Para retornos de varios años y campos nuevos con análisis de suelos inferiores a 3 ppm de P, se recomienda fertilizar con 60-70 kg de P/ha. En cambio para rastrojos de arroz y soja, y retornos de praderas con análisis de suelos entre 3 y 9 ppm de P, se recomienda fertilizar con 40-50 kg de P/ha. Para suelos con más de 9 ppm de P, se recomienda no fertilizar con P porque probablemente no habrá respuesta a la misma (Gamarra, 1996).

✓ Potasio

Para el potasio, las respuestas en arroz de secano a la aplicación son menos frecuentes que las observadas con fósforo. Esto se explica por el nivel del K en suelo, relativamente más alto por los bajos niveles de producción, por la devolución como restos de cultivo de gran parte del K absorbido (Malavolta y Filho, 1983).

El potasio se aplica a la siembra y es uno de los nutrientes más importante para la nutrición de la planta (Fageria, 1983).

✓ Azufre

La deficiencia de azufre es un desorden nutricional común en arroz de secano, y ocurre raramente en arroz de riego (Yoshida, citado por Malavolta y Filho, 1983).

Es muy probable que con el cultivo continuo de arroz de secano empleándose formulaciones concentradas de N, P₂O₅ y K₂O, la reserva del suelo termine y la deficiencia de S comience a aparecer con una frecuencia creciente (Malavolta y Filho, 1983).

Cuadro No. 3. Síntomas de deficiencia y exceso de macronutrientes.

Nutrientes	Descripción	Causa
N	Vuelco. Susceptible a enfermedades. Hojas con amarillamiento uniforme y macollaje pobre. Hojas chicas y cortas. Tallos finos.	Exceso Déficit
P	Hojas y tallos de color verde oscuro con tonalidad roja y luego se seca. Macollaje pobre. Retraso en madurez. Alto % de granos vacíos. Baja resistencia al frío. Manchas longitudinales de color herrumbre en hojas viejas (falta de Zn).	Exceso Déficit
K	Tallos cortos y finos. Bajo macollaje. Mancha marrón - herrumbre comienza en las puntas y luego toma toda la hoja. Secado de las puntas y bordes de las hojas. Senescencia temprana. Granos vacíos. Vuelco. Mayor susceptibilidad a enfermedades. Raíces descompuestas.	Déficit
Ca	Hojas nuevas de color blanquecino, arrolladas, con bordes dentados y después se secan.	Déficit
Mg	Hojas onduladas y caídas. Clorosis internervadura, tonalidad amarillo anaranjado en hojas viejas.	Déficit
S	Clorosis de hojas nuevas y luego todas las hojas.	Déficit

Fuente: Malavolta y Filho (1983).

2.1.2 Clasificación de variedades

El cultivo de arroz de secano se puede dividir en dos tipos de variedades.

La primera llamada “variedad tradicional” se caracteriza por ser una planta tolerante a la falta de agua, de porte alto, hojas largas y decumbentes, hojas de color claro, alta susceptibilidad al vuelco, bajo macollaje, baja producción y baja calidad de granos.

La segunda llamada “variedad moderna”, utilizada en la actualidad, surge de cruzamientos realizados a través de cultivares de arroz de riego con arroz de secano tradicional. El “tipo moderno” se caracteriza por ser menos tolerante a la falta de agua, por lo tanto es utilizado con riego. Presenta menor altura que el primero, hojas cortas y erectas, resistencia al vuelco, buen macollaje, mayor producción y calidad de granos (Ferraz 1983, Pinheiro 2005).

2.1.3 Características de las variedades

2.1.3.1 Características agronómicas

Las características agronómicas son generalmente de baja heredabilidad, son afectados por el ambiente y por lo tanto son menos usados como parámetros de identificación de cultivares (Fonseca et al., 2004).

Las características agronómicas que se evalúan en una descripción de cultivares son: altura de la planta, resistencia a vuelco, resistencia a enfermedades, panojas por m², peso de 1000 granos, rendimiento y porcentaje de granos enteros.

Según Fonseca et al. (2004) la altura de planta es de 70 a 106 cm, el largo de tallo es de 52 a 98 cm, el espesor del tallo varía entre 3.75 a 5.28 mm.

Estos mismos autores mencionan que el largo de panoja varía entre 18 a 26 cm, el peso de 1000 granos es de 20.9 a 26.6 gr., el rendimiento de granos enteros es de 53 a 64%, y con respecto al vuelco la mayoría de los cultivares son resistentes.

2.1.3.2 Características fenológicas

Las características fenológicas están compuestas por los días a floración y por el largo de ciclo del cultivar, son de baja heredabilidad siendo afectados por el ambiente (Fonseca et al., 2004).

Estas características se alteran con el ambiente, o sea cambian de una región a otra por la duración del día y por los grados de temperatura. Puede ocurrir en un clima seco y caliente el retraso de ambas características, por el

contrario en un clima con altas precipitaciones y días nublados ocurre lo inverso. También condiciones de sequías en la emisión de la panoja o en la floración, provocan efectos fisiológicos que hacen que se alargue el ciclo de la planta (Fonseca et al., 2007).

Según Guimarães, citado por Morais et al. (1983), para el cultivo de arroz de secano en condiciones hídricas desfavorables, es preferible utilizar cultivares de ciclos cortos, ya que estos permanecerán menos tiempo en el campo, y por lo tanto tendrán menos probabilidad de sufrir déficit hídricos.

El cultivo de arroz de secano en condiciones hídricas favorables, requiere ciclos largos principalmente en lugares donde hay largos períodos de precipitaciones. En el caso de los ciclos cortos a parte de utilizarse en condiciones hídricas desfavorables donde se utilizan con riego, también se utilizan en condiciones favorables donde después de 3 a 3.5 meses de altas precipitaciones existe una reducción de las precipitaciones (Morais et al., 1983).

2.1.3.3 Características morfológicas

Las características morfológicas tienen alta heredabilidad y son poco afectados por el ambiente, por este motivo son los más usados como parámetros de identificación de cultivares (Fonseca et al., 2004).

Fonseca et al. (2004) mencionan que en la mayoría de los cultivares las hojas presentan color verde, el ángulo de la hoja bandera es de tipo erecto ($< 30^\circ$), el ángulo de los macollos también es de tipo erecto ($< 30^\circ$), el desgrane es intermedio, o sea de 25 a 50%, y la relación largo/ancho de los granos varía entre 3.19 y 3.75.

2.1.4 Características del cultivar que originó al cultivar “Gardel”

El cultivar Gardel es una re selección del cultivar Canastra procedente de Brasil, dicha re selección se hizo con el objetivo de disminuir la altura de planta.

Cuadro No. 4. Características del cultivar canastra.

Características	
Ciclo (días)	135
Floración (días)	99
Macollaje	Muy bueno
Altura sin riego (cm)	85
Altura con riego (cm)	94
Vuelco	Moderadamente resistente
Brusone de hoja	Moderadamente resistente
Brusone de panoja	Moderadamente resistente
Mancha parda	Resistente
Mancha de granos	Moderadamente resistente
Escaldadura de hojas	Susceptible
Rendimiento sin riego (kg/ha)	2656
Rendimiento con riego (kg/ha)	3546
Peso 1000 granos (gr)	25
% Granos enteros	62.5
% Granos quebrados	7.5

Fuente: Soares et al. (1996).

2.2 RIEGO EN ARROZ DE SECANO

La mayor ventaja del riego en arroz de secano se obtiene en la estabilidad de la producción por la reducción del estrés hídrico. El riego proporciona mayores rendimientos y mejor calidad. El frecuente déficit hídrico que ocurre en condiciones de secano durante el ciclo del cultivo, provoca que la calidad del grano sea inferior comparado con el arroz inundado (Stone y Silveira, 2003).

2.2.1 Efecto del riego en la absorción y exportación de nutrientes

Crusciol et al. (2003c) en un ensayo realizado durante dos años con cuatro láminas diferentes de agua, observaron que para el primer año la cantidad de nutrientes extraída no difirió significativamente entre los tratamientos con y sin riego. En el segundo año existió efecto significativo de las láminas de agua, donde en general la extracción de nutrientes (N, P, Ca, Mg y S) fue menor en los tratamientos que recibieron menor cantidad de agua (secano y L₁). En el promedio de los dos años, los tratamientos con riego extrajeron 66% más de nutrientes que el tratamiento en secano.

En los dos años de cultivo, el orden de exigencia de macronutrientes en la etapa de floración fue de: $N > K > Ca > Mg > P > S$.

En cuanto a la exportación de nutrientes hubo efecto significativo de los tratamientos en relación al N, P, K y Ca en ambos experimentos. En general los tratamientos de riego tuvieron 55% más de nutrientes exportados en relación al tratamiento de secano.

Los nutrientes exportados por el arroz con cascara tuvieron el siguiente orden: $N > Ca > K > P > Mg > S$.

Crusciol et al. (2003b) en un experimento realizado durante dos años con diferentes láminas de agua, observaron que en el primer año no hubo diferencias significativas en cuanto a la cantidad de nutrientes extraídos. Sin embargo, en el segundo año la extracción de nutrientes fue afectada por las láminas de agua aplicadas, siendo que las láminas L_2 y L_3 determinaron la mayor extracción debido a la mayor producción de materia seca y a los niveles de nutrientes obtenidos en estos tratamientos.

La exigencia de nutrientes hasta la floración en los dos años de cultivo, tuvo el siguiente orden: $N > K > Ca > Mg > P > S$.

En cuanto a la exportación de nutrientes encontraron que fue sensiblemente más afectado por productividad de los granos y menos por los niveles de nutrientes. Según Carvalho, citado por Crusciol et al. (2003b), el déficit hídrico en el cultivo de arroz disminuye la exportación de nutrientes principalmente cuando la producción de granos también disminuye. Por esto, se puede deducir que la obtención de mayor producción de granos con la utilización de riego por aspersion, aumenta la exportación de nutrientes y consecuentemente aumenta la necesidad de reposición mediante fertilizaciones.

Los nutrientes exportados tuvieron el siguiente orden: $N > Ca > K > P > Mg > S$.

Crusciol et al. (2003a) mencionan que en un experimento con cuatro láminas de agua de riego, no encontraron diferencias estadísticas entre nutrientes extraídos, excepto para el Mg, el cual presentó el valor más alto en la mayor lámina de agua L_4 . Esta mayor extracción de nutrientes se dio en gran parte debido a la producción de materia seca, ya que los niveles de nutrientes fueron similares a los obtenidos en los demás tratamientos.

La cantidad de nutrientes exportados no fue afectada por los tratamientos, con excepción del Ca, el cual tuvo un alto valor de exportación (10.2 Kg/ha) en el tratamiento L₂, difiriendo únicamente del tratamiento L₃. Estos resultados son un reflejo de la producción de granos obtenida en estos tratamientos.

Crusciol et al. (1998b) en un estudio realizado con diferentes láminas de agua, encontraron que la cantidad de nutrientes extraídas no fue influenciada por los tratamientos.

En cuanto a la cantidad de nutrientes exportados, existió efecto significativo para N, P, K y Ca, los cuales fueron en respuesta al aumento de la disponibilidad de agua y en consecuencia por la producción de granos.

2.2.2 Efecto del riego en la altura

Según Rodrigues et al. (2004) estudiando diferentes manejos de agua en dos cultivares de arroz de secano, encontraron que el tratamiento sin riego obtuvo la menor altura de plantas que fue en promedio 12.5 cm menor comparado con los tratamientos de riego. Estos recibieron 6.3 mm (M1) y 63.3 mm (M2) más en cantidad de agua que el tratamiento sin riego durante todo el ciclo, no difiriendo los tratamientos de riego entre sí. La reducción en la altura de las plantas provocada por la ausencia de riego, está directamente relacionada con la menor cantidad y distribución irregular de las lluvias, principalmente en las fases vegetativas y reproductivas.

Crusciol et al. (2003e) en un ensayo realizado con el cv. Caiapó utilizando diferentes láminas de agua, observaron que la disminución de la disponibilidad hídrica redujo la altura de las plantas, donde hubo una diferencia de 15 cm entre el tratamiento de secano (0 mm riego) y el de mayor lámina de agua aplicada (362.2 mm riego).

Arf et al. (2006) en un experimento observaron que la altura de plantas fue menor en el tratamiento en secano comparado con los tratamientos con riego.

Crusciol et al. (1998c) en un estudio realizado en Brasil, donde estudiaron el efecto de diferentes láminas de riego, encontraron que la altura de las plantas fue afectada por los tratamientos. A medida que aumentó la disponibilidad de agua la altura de las plantas fue mayor. De esta forma, las láminas L₃ y L₄ determinaron los mayores valores, difiriendo significativamente del cultivo en secano.

Arf et al. (2001) determinaron en un experimento realizado durante dos años con tres cultivares de secano, que el tratamiento sin riego en el primer año obtuvo la menor altura de plantas comparado con el tratamiento con riego, difiriendo estadísticamente entre sí. En cambio en el segundo año no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos con y sin riego, probablemente debido a mayor cantidad de precipitaciones y mejor distribución de las mismas.

2.2.3 Efecto del riego en el vuelco

Crusciol et al. (2003e) registraron en un ensayo de riego, que en la mayor lámina de agua (362.2 mm) se registró el mayor vuelco de plantas, el cual fue de 75 a 100% de las plantas.

Crusciol et al. (1998c) observaron que el excesivo crecimiento del cultivo de arroz en tratamientos de riego, determinó el vuelco de plantas, siendo 60% el índice de vuelco para la lámina L₃ y de 80% en L₄. Este resultado fue observado con el uso de cultivares tradicionales de secano en el sistema de riego por aspersión con alta disponibilidad hídrica, o mejor, sin un control riguroso del riego, resultando en vuelco de plantas.

Según Crusciol et al. (2000) en un experimento de riego en el que utilizaron el cv. IAC 201, observaron el vuelco de plantas cuando se utilizó la tensión de reposición de agua en suelo de -0.070 MPa, lo que según estos autores, es necesario el desarrollo de cultivares más adaptados al riego.

El vuelco de plantas en situaciones de riego está relacionada a la cantidad de agua aplicada y a la fase de desarrollo en la que se aplica, así como también, al cultivar utilizado (Rodrigues et al., 2004).

2.2.4 Efecto del riego en la materia seca

Crusciol et al. (2003a) estudiando diferentes láminas de agua observaron que la producción de materia seca en floración no tuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, hubo una tendencia de mayor producción en la lámina L₄ (362.2 mm), o sea en la mayor lámina. La producción media de materia seca en los tratamientos de riego (7717 kg/ha) estuvo muy cercana a la obtenida en el tratamiento de secano (7623 kg/ha), esto indica que los veranillos ocurridos hasta el 50% de floración no afectaron el metabolismo del cultivar Caiapó como para disminuir la producción de materia seca.

Crusciol et al. (2003b) encontraron en un experimento realizado en dos años de cultivo, que la producción de materia seca en floración fue afectada significativamente por las láminas de agua en el segundo año. La lámina L₂ (73.9 mm) obtuvo la mayor producción difiriendo apenas del tratamiento en seco (0 mm) en 2178 kg/ha.

Probablemente en el segundo año la menor disponibilidad de agua hasta la floración llevó a una menor producción de materia seca en el tratamiento de seco. Esto no fue observado en el primer año, donde los tratamientos no afectaron significativamente la producción de materia seca.

Crusciol et al. (2003c) observaron en un experimento realizado durante dos años estudiando cuatro láminas de agua diferentes, que en el primer año no se encontraron diferencias significativas en la producción de materia seca en floración entre las diferentes láminas utilizadas y el tratamiento sin riego. En cambio en el segundo año la producción de materia seca fue significativamente influenciada por las láminas de agua, donde la mayor producción (7732 kg/ha) corresponde al tratamiento L₃ (Kc*1.5), difiriendo esta con el tratamiento de seco y el tratamiento L₁ (Kc*0.5).

Para estos autores los veranillos ocurridos hasta la floración probablemente produjeron deficiencias hídricas en el cultivo, reduciendo la producción de materia seca en los tratamientos con menor disponibilidad de agua (seco y L₁ = Kc*0.5). Estos concluyen que la menor disponibilidad de agua durante la fase vegetativa y reproductiva del arroz utilizado (cv. IAC 201), disminuye la producción de materia seca.

Según Pereira et al. (1994), el bajo potencial hídrico del suelo redujo menos la materia seca acumulada en las raíces que en la parte aérea. Una disminución en el crecimiento de las raíces solo fue manifestada cuando el contenido de humedad del suelo estuvo en 60-70% de la capacidad de campo, mientras que el crecimiento de la parte aérea disminuyó en la faja de humedad de 70-80%, sin embargo no hubo diferencias significativas entre esta y las fajas limítrofes (60-70 y 90-100%). Los valores afirman que el crecimiento relativo de la parte aérea fue menor cuando la humedad fue limitante comparado con las raíces, lo que indica que en el sistema radicular hubo un menor gradiente de potencial hídrico, lo que permitió una menor limitante en la actividad de elongación celular.

2.2.5 Efecto del riego en el índice de área foliar

Santos y Costa (1997) estudiando dos cultivares de arroz de seco (cv. Araguaia y Guaraní) con y sin riego, observaron un mayor valor de IAF en

los tratamientos con riego. Donde los valores máximos se dieron 8 y 3 días antes en los cvs. Araguaia y Guaraní respectivamente, en relación con el tratamiento sin riego. Según estos investigadores, la mayor disponibilidad de agua permite a las plantas cubrir el espacio disponible con mayor rapidez en comparación con las plantas sin riego, aprovechando de esta manera más eficientemente el terreno por mayor período de tiempo.

Los valores máximos de IAF en floración fueron de 2.89 y 2.39 para el cv. Araguaia, y de 3.37 y 2.53 para el cv. Guaraní, con y sin riego respectivamente. Luego de floración ocurrió un descenso del IAF, lo que era de esperar debido a que el área foliar verde comienza a disminuir sobre todo por la senescencia de las hojas más viejas.

Al aumentar el IAF hay un aumento de la interceptación de luz y por lo tanto de la fotosíntesis, pero esa relación no es continua porque el auto-sombreado provoca una disminución de la tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar (Yoshida, Murata et al., citados por Santos y Costa, 1997).

La disminución del área foliar está directamente relacionada con el descenso de la presión de turgencia, causado por el bajo potencial hídrico del suelo, el cual provoca la inhibición del crecimiento (debido a la disminución de la tasa de elongación celular) y el aumento de la resistencia a la difusión de O₂ y CO₂, promoviendo la reducción de las tasas de transpiración y fotosíntesis (Levitt, citado por Pereira et al., 1994).

2.2.6 Efecto del riego en los días a floración y en el ciclo fisiológico

Rodrigues et al. (2004) evaluando dos manejos de agua y uno en seco utilizando dos cultivares (Confiança y Maravilha), determinaron que no existieron diferencias en el número de días desde emergencia (DDE) hasta floración (86 DDE) y en el ciclo total del cultivo (109 DDE) entre los tratamientos bajo riego. El manejo M1 recibió hasta la floración 468.2 mm (precipitaciones + riego) y en el total del ciclo recibió 604.5 mm (precipitaciones + riego), en cambio el M2 recibió 529.9 mm (precipitaciones + riego) hasta la floración y en el total del ciclo recibió 661.5 mm (precipitaciones + riego). Estos tratamientos presentaron valores inferiores al tratamiento de seco, que presentó una duración de 100 días hasta floración y de 124 días de ciclo total después de su emergencia, con una cantidad de agua recibida hasta la floración de 456.1 mm (precipitaciones) y en el total del ciclo de 598.2 mm (precipitaciones).

El prolongamiento ocurrido durante el ciclo del cultivo en el tratamiento sin riego fue consecuencia de los veranillos ocurridos durante el macollaje de las plantas en la fase vegetativa.

Según Crusciol et al. (2003d) la reducción de la disponibilidad hídrica en el cv. IAC 201 promovió el aumento del número de días para llegar al 50% de floración y completar el ciclo. Donde en el cultivo sin riego la floración ocurrió a los 76 DDE y la maduración fue a los 100 DDE, en tanto para el cultivo con riego a dos tensiones de reposición diferentes (-0.035 MPa y -0.070 Mpa) la floración ocurrió a los 67 DDE y 69 DDE, y la maduración a los 92 DDE y 94 DDE respectivamente, no habiendo diferencias significativas entre los cultivos bajo riego.

Estos autores concluyen que la disminución de la disponibilidad hídrica en la etapa vegetativa aumenta el ciclo del cultivo.

Crusciol et al. (2003e) observaron en un experimento realizado con el cv. Caiapó que en condiciones de secano (884.6 mm), este cultivar tardó 9 días más para llegar a floración y 8 días más para completar su ciclo comparado con el tratamiento que recibió mayor cantidad de agua (1176.5 mm) de precipitaciones y riego. Según estos autores, esto indica que la deficiencia hídrica provoca un aumento en el ciclo del cultivo. Donde el aumento del ciclo en el tratamiento sin riego se da probablemente por períodos de baja precipitación ocurridos durante la fase vegetativa.

Cuadro No. 5. Número de días de emergencia a floración, ciclo del cultivo y láminas de agua.

	Tratamientos				
	Secano	L1	L2	L3	L4
Floración (DDE)*	87	84	80	80	78
Ciclo (días)	107	106	104	101	99
Riego (mm)	-	40.9	83.5	149.5	362.2
Total agua (mm)	884.6	855.3	897.8	963.8	1176.5

* DDE = Días después de emergencia

Fuente: Crusciol et al. (2003e).

Arf et al. (2001) en un experimento realizado durante dos años, encontraron que en el primer año el tratamiento sin riego tuvo un aumento en el número de días a floración y a cosecha. Siendo inferior la cantidad de precipitaciones y con una distribución irregular comparado al segundo año.

Arf et al. (2006) reportaron que con mayor disponibilidad de agua disminuye el número de días a floración y el ciclo del cultivo.

Crusciol et al. (1998e) estudiando el efecto de diferentes láminas de agua en la fenología del cultivo de arroz, observaron que al aumentar la lámina de agua aplicada, disminuyó el número de días a floración y de maduración del cultivo. La deficiencia hídrica durante la fase vegetativa aumentó el ciclo del cultivo de arroz.

2.2.7 Efecto del riego en el número de tallos

Crusciol et al. (2003e) observaron que los tallos por m² no fueron afectados significativamente por las diferentes láminas de agua aplicadas y por el tratamiento sin riego en el cv. Caiapó.

Crusciol et al. (1998c) reportaron en un experimento realizado en Brasil donde estudiaron diferentes láminas de agua, que no hubieron diferencias estadísticas de estos tratamientos sobre el número de tallos por m².

2.2.8 Efecto del riego en el rendimiento de grano y en componentes del rendimiento

Crusciol et al. (2003e) en un ensayo realizado en Brasil, observaron que el tratamiento de riego (L₂) que recibió una lámina de 83.5 mm fue el que obtuvo la mayor producción (3986 kg/ha) difiriendo estadísticamente del tratamiento sin riego (2839 kg/ha). Los demás tratamientos de riego que recibieron una lámina de 40.9 mm (L₁), 149.5 mm (L₃) y 362.2 mm (L₄) proporcionaron producciones superiores al tratamiento sin riego a pesar de no haber diferencias significativas.

Stone et al., citados por Crusciol et al. (2003e), observaron que las deficiencias hídricas simuladas por la disminución del riego por 4 a 8 días en el inicio de la emisión de panojas provocaron una reducción en la producción de granos en el orden del 60 a 87%.

Por otro lado, Manzan, citado por Crusciol et al. (2003e) registró aumentos de 70% en la producción en sistemas de riego comparado con el sistema de secano. Para Akinbile et al. (2007) el aumento de rendimiento tiene una relación lineal con respecto a la cantidad de agua aplicada.

Rodrigues et al. (2004) al evaluar diferentes manejos de agua observaron que el rendimiento obtenido por los tratamientos con riego, manejo 1 (5046 kg/ha) y manejo 2 (4800 kg/ha), fue un 91% en promedio superior al tratamiento sin riego (2575 kg/ha). El mayor rendimiento de los tratamientos con riego, probablemente se debe al mayor número de granos totales por panoja y

al mayor peso de los 100 granos proporcionados por la mayor disponibilidad hídrica.

Crusciol et al. (2003d) obtuvieron el mayor rendimiento con el cv. IAC 201 en los tratamientos con riego, lo que se debió principalmente al mayor número de panojas por m² y a la fertilidad de los granos obtenidos en ese sistema. Para estos autores, el resultado probablemente se debe al menor número de panojas por m² obtenido en el tratamiento sin riego, obteniendo así panojas más grandes con mayor número de granos totales por panoja.

Crusciol et al. (2003e) observaron que las panojas por m² no difirieron significativamente entre los tratamientos con y sin riego, a pesar de haber ocurrido una menor transformación de yemas vegetativas a reproductivas en el tratamiento sin riego comparado con el tratamiento de menor lámina aplicada (40.9 mm riego).

Rodrigues et al. (2004) determinaron que el manejo 1 (80.8 mm riego) obtuvo el mayor número de granos totales por panoja (179.5) sin diferir estadísticamente del manejo 2 (157.7 mm riego) que obtuvo 168.6 granos totales por panoja, por lo tanto hubo diferencias significativas solamente entre el manejo 1 y el tratamiento sin riego donde este obtuvo 138 granos totales por panoja.

Para Crusciol et al. (2003e) el número de granos totales no fue influenciado significativamente por los tratamientos con y sin riego, aunque existió una tendencia superior en los tratamientos con riego. Según Yoshida, citado por Crusciol et al. (2003e), el número total de granos es influenciado por factores genéticos y por condiciones externas vigentes durante la fase reproductiva, precisamente en el inicio de esta fase hasta 5 días anteriores a la floración.

Crusciol et al. (2003d) reportaron que el número de granos totales por panoja en el tratamiento de secano presentó el mayor valor el cual fue un 9.1% superior a los tratamientos con riego.

Thomas et al. (2003) en un experimento realizado en India, observaron que las panojas obtenidas en condiciones de secano tuvieron un alto porcentaje de espiguillas estériles. El porcentaje de granos vacíos fue un 56% menor en los tratamientos de riego I₁ (544 mm) e I₂ (456 mm) comparado con el tratamiento de secano (214 mm).

En Nigeria, Akinbile et al. (2007) en un experimento de riego en donde los tratamientos A, B, C y D recibieron 1190.5, 1040.75, 850 y 694.17 mm de

agua de riego respectivamente, observaron un menor porcentaje de granos vacíos a medida que aumentó el consumo de agua por los tratamientos, siendo los valores 7.4, 15.7, 16.1 y 16.6% respectivamente.

Crusciol et al. (2003d) no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin riego para el peso de 1000 granos. Sin embargo, Rodrigues et al. (2004) en otro experimento, reportaron que el tratamiento sin riego presentó menor peso difiriendo estadísticamente con los tratamientos bajo riego. Este proceso de llenado de granos pudo haberse comprometido, por haber ocurrido períodos de sequía durante la fase de maduración del cultivo, principalmente en los días posteriores a la floración período en que se da la translocación de carbohidratos para el pre-llenado del grano, también durante las dos semanas anteriores a la antesis, cuando ocurre la definición del tamaño del grano (Yoshida, citado por Rodrigues et al., 2004).

Matsushima, Yoshida, citados por Crusciol et al. (2003d), observaron que esa variable es más afectada por factores genéticos que por factores externos.

2.2.9 Efecto del riego en la calidad de granos

El rendimiento de granos enteros significa la cantidad de granos enteros obtenidos después del procesamiento industrial, y es uno de los parámetros más importantes para determinar el valor de comercialización (Oliveira et al., 1998b).

El riego por aspersión aumenta el porcentaje de granos enteros, principalmente en años con bajas precipitaciones (Arf et al., 2002).

Para estos autores, el porcentaje de granos enteros en el primer año del cultivo tuvo un efecto significativo de las láminas de agua aplicadas. Este efecto fue creciente desde el tratamiento de seco hasta la lámina L₂. En cambio para el porcentaje de granos quebrados el comportamiento fue inverso. En el segundo año de cultivo no hubo diferencias significativas en el porcentaje de granos enteros y quebrados.

En el primer año de cultivo la disponibilidad de agua proveniente de precipitaciones fue muy inferior al segundo año, y este factor puede haber sido decisivo para el comportamiento observado en el rendimiento de granos enteros y quebrados.

Estos mismos autores mencionan que cantidades de agua adecuadas, favorecen la absorción de agua y translocación de los fotoasimilados a los

granos. Granos bien formados presentan mayor resistencia a golpes y vibraciones generadas por la cosecha y por el procesamiento, obteniéndose de esta manera mayor rendimiento de granos enteros.

Por otro lado, el porcentaje de granos yesados aumenta de forma considerable cuando la deficiencia hídrica ocurre durante la fase de emisión de panoja y formación de granos. De esta forma, la falta de agua en el cultivo de secano es un factor importante que puede influenciar en la calidad física del grano, donde la formación inadecuada y la presencia de granos yesados generan la ocurrencia de un mayor porcentaje de granos quebrados.

En un ensayo realizado por Crusciol et al. (2002) con el cv. IAC 201, registraron que no hubo diferencias significativas para la calidad industrial entre tratamientos con y sin riego.

Crusciol et al. (2003e) evaluando diferentes láminas de agua, observaron que el cv. Caiapó en el tratamiento sin riego presentó el menor porcentaje de granos enteros (42.9%), difiriendo estadísticamente de todos los tratamientos bajo riego que presentaron en promedio 54%.

En cuanto al porcentaje de granos quebrados no hubo diferencias significativas entre tratamientos, aunque el tratamiento sin riego obtuvo los mayores valores (20.7%) comparado con los tratamientos con riego que obtuvieron en promedio 15.5%. Estos mayores valores se deben probablemente a la baja precipitación ocurrida durante la fase de maduración del grano.

Crusciol et al. (2003f) en la zafra 94/95 en Brasil, encontraron diferencias significativas para el porcentaje de granos enteros entre los tratamientos con y sin riego, donde los tratamientos con riego obtuvieron el mayor valor. En cambio en la zafra 95/96 en el mismo sitio del experimento, no encontraron diferencias por el uso de riego para este parámetro, esto debido a la adecuada uniformidad de las precipitaciones que favoreció el llenado de granos.

Para el porcentaje de granos quebrados, estos no reportaron diferencias entre los tratamientos con y sin riego, tanto para la zafra 94/95 como para la zafra 95/96.

El riego por aspersión proporcionó niveles más altos de granos enteros en los cultivos utilizados. Por lo tanto, la adecuada disponibilidad de agua en suelo mejora la absorción de agua y nutrientes así como la translocación de fotoasimilados en los granos, permitiendo un llenado continuo del grano y un adecuado desarrollo (Crusciol et al., 2008).

El arroz de secano en general tiene una baja productividad y calidad inferior comparado con el arroz regado por inundación (Sant'Ana, citado por Arf et al., 2002).

2.3 DENSIDAD DE PLANTAS DE ARROZ DE SECANO

2.3.1 Efecto de la densidad de plantas en la absorción y exportación de nutrientes

Stone y Pereira (1994), encontraron en cultivares de arroz de secano bajo riego que a una menor distancia entre líneas (20 cm) se obtuvo una mayor absorción de nutrientes.

Crusciol et al. (1999b) observaron en un ensayo realizado con el cv. IAC 201 a distancias de 30, 40 y 50 cm entre líneas, una mayor absorción de nutrientes (N, P, K y S) en la menor distancia entre líneas (30 cm) difiriendo significativamente con las demás distancias.

Para estos autores, la mayor absorción de nutrientes en la menor distancia entre líneas está relacionada con la mayor producción de materia seca obtenida en la misma.

Crusciol et al. (1998d) observaron efecto significativo en cuanto a la cantidad de nutrientes absorbidos para distancias entre líneas. Existiendo mayor absorción en la distancia de 30 cm, la cual difirió estadísticamente de las distancias de 40 y 50 cm. Estos autores al analizar el efecto de las distancias entre líneas en la absorción de nutrientes, observaron que el aumento de la cantidad absorbida fue mayor cuando se paso de 40 a 30 cm de que cuando se paso de 50 a 40 cm.

Crusciol et al. (2002), en un ensayo con diferentes distancias entre líneas, observaron que en la menor distancia (30 cm) existió una mayor exportación de nutrientes, difiriendo significativamente de las distancias 40 y 50 cm. Para estos autores estos resultados son un reflejo de la producción de granos obtenida para estos tratamientos, los cuales se comportan similares en los resultados obtenidos.

2.3.2 Efecto de la densidad de plantas en las enfermedades

Santos et al. (2002) estudiando densidades de siembra no reportaron diferencias estadísticas para brusone, escaldadura de las hojas y mancha de los granos cuando se vario la densidad.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas, observaron la presencia de la enfermedad escaldadura de las hojas en la menor distancia entre líneas (20 cm) en dos cultivares susceptibles a esta enfermedad. Para otras enfermedades como brusone y mancha de los granos no se registró incidencia, probablemente por la moderada resistencia de estos cultivares.

Godinho et al. (2002) en un estudio realizado en Brasil no encontraron diferencias significativas entre densidades de siembra y las enfermedades del cultivar BRS Bonança. Sin embargo, observaron que los síntomas de brusone de la hoja fueron bien visibles y de forma nítida, evolucionando la enfermedad levemente con incidencia moderada de brusone en las panojas; las incidencias de mancha parda y de escaldadura también fueron moderadas pero para la mancha de los granos los síntomas fueron bien visibles.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas no encontraron diferencias significativas entre la distancia entre líneas y las enfermedades para el cultivar BRS Bonança. Estos autores encontraron síntomas visibles e incidencia moderada para las enfermedades brusone, escaldadura y mancha parda.

Según Silva et al., citados por Guimarães et al. (2003), poblaciones altas condicionan un microclima más húmedo favoreciendo el desarrollo de enfermedades como brusone.

2.3.3 Efecto de la densidad de plantas en la altura

Para la altura de plantas, Souza y Azevedo (1994) observaron diferencias significativas entre la mayor y menor población de plantas, siendo la altura mayor de 172 cm para la menor población (77 semillas/m²) y la altura menor de 150 cm para la mayor población (625 semillas/m²).

Crusciol et al. (1999a) registraron en un ensayo realizado con el cv. IAC 201 diferencias significativas en la altura de plantas entre la menor población de 100 semillas viables por m² la cual tuvo 118.5 cm, y las poblaciones de 150 y 200 semillas viables por m² que obtuvieron 113.2 y 114.8 cm de altura respectivamente.

Estos mismos autores al estudiar tres distancias entre líneas (30, 40 y 50 cm), no encontraron diferencias estadísticas en altura de plantas para el cv. IAC 201.

Oliveira et al. (1998a) en un estudio realizado con cuatro cultivares de secano en condiciones de riego, observaron una tendencia en la reducción de la altura de las plantas en función del aumento de la densidad de siembra, donde las densidades de 50 y 100 semillas viables por m² presentaron plantas más altas comparado con la mayor densidad de 400 semillas viables por m².

Oliveira et al. (1977) estudiando densidades de siembra observaron que al aumentar la densidad disminuyó la altura de las plantas.

Según Oliveira et al., citados por Santos et al. (2002) en un experimento en el que estudiaron diferentes densidades de siembra, registraron un aumento significativo en la altura cuando se aumentó la densidad.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas, reportaron que con el aumento de la distancia aumentó significativamente la altura de las plantas.

Para Crusciol et al. (2000) en un ensayo que realizó con el cv. IAC 201 bajo riego con una tensión de reposición de agua (-0.070 Mpa), no observaron diferencias estadísticas en cuanto a la altura de las plantas.

Santos et al. (2002) estudiando densidades de siembra, no encontraron diferencias en la altura de las plantas cuando se cambió la densidad.

Los mismos autores al estudiar distancias entre líneas no encontraron diferencias en la altura de plantas a diferentes distancias.

Crusciol et al. (1998a) no reportaron diferencias significativas en la altura de plantas cuando utilizaron diferentes densidades de siembra.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas, mencionan que no encontraron diferencias significativas en la altura de plantas cuando utilizaron diferentes distancias entre líneas.

2.3.4 Efecto de la densidad de plantas en el vuelco

Crusciol et al. (1998a) reportaron en un estudio de densidad de siembra que no hubo diferencias significativas entre estas y el vuelco de las plantas, aunque observaron que la densidad de 100 semillas viables por m² presentó un índice de vuelco de 15%, la densidad de 150 semillas viables por m² (3.5%) y la densidad de 200 semillas viables por m² presentó el índice más alto (32%).

Crusciol et al. (2000) observaron en un ensayo que el tratamiento de menor densidad de siembra (100 semillas/m²) presentó 15% de vuelco, y para la densidad intermedia (150 semillas/m²) fue de 5%, mientras que para la mayor densidad (200 semillas/m²) fue de 30%.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas, no encontraron diferencias estadísticas entre la distancia entre líneas y el vuelco de las plantas. Si observaron de forma general que el índice de vuelco fue de 15% para todos los tratamientos.

Crusciol et al. (1999a) registraron que el cambio en la densidad de siembra no afectó al vuelco de la planta.

Los mismos autores al estudiar distancias entre líneas mencionan que la disminución de la distancia entre líneas aumenta el índice de vuelco de las plantas.

2.3.5 Efecto de la densidad de plantas en la materia seca

Crusciol et al. (1999b) no observaron diferencias significativas para la producción de materia seca parte aérea en el estado de floración del cv. IAC 201 sembrado a 100, 150 y 200 semillas viables por m², si observaron que hay una tendencia del aumento de la misma a medida que aumentó la densidad de siembra.

Los mismos autores estudiando distancias entre líneas y utilizando el cv. IAC 201 en condiciones de secano, determinaron una mayor producción de materia seca de parte aérea en estado de floración a 30 cm de distancia entre líneas, siendo esta producción de 8588 kg MS/ha difiriendo estadísticamente con la distancia de 40 y 50 cm, que obtuvieron una producción de 5621 Kg MS/ha y 5736 kg MS/ha respectivamente.

Según estos autores la mejor distribución de las plantas obtenida en la menor distancia entre líneas, llevó a que obtuviera una mayor captación y conversión de luz en fotoasimilados, obteniendo como resultado una mayor producción biológica comparada con las mayores distancias entre líneas.

También la alta producción de materia seca según estos autores, puede ser atribuido a las características genéticas de este cultivar que tiene en su constitución al cv. IAC 165 caracterizado por ser de crecimiento vigoroso, porte alto y gran producción de hojas.

Crusciol et al. (1998a) mencionan que la producción de materia seca en floración fue influenciada por la distancia entre líneas, obteniéndose el mayor valor en la distancia de 30 cm (9467 kg/ha), difiriendo estadísticamente de las distancias de 40 (7571 kg/ha) y 50 cm (6646 kg/ha). El aumento de la producción de materia seca se dio a medida que disminuyó la distancia entre líneas, siendo esta más pronunciada en la disminución de 40 para 30 cm. Cuanto menor es la distancia, mayor es el área foliar que capta luz, teniendo como resultado una mayor cantidad de hojas realizando fotosíntesis y mayor producción biológica.

2.3.6 Efecto de la densidad de plantas en el índice de área foliar

Santos y Costa (1997) en un experimento realizado utilizando dos cultivares de arroz de secano con diferentes poblaciones, observaron que en los tratamientos con mayor densidad de siembra (100 y 150 semillas/m²) el valor máximo de IAF ocurrió hasta 6 días antes de los índices obtenidos en el tratamiento con menor densidad (50 semillas/m²). Para estos investigadores esto puede atribuirse a la excesiva competencia que se da en poblaciones más densas.

Estos autores estudiando diferentes distancias entre líneas (30, 40 y 50 cm) utilizando dos cultivares de secano con y sin riego, determinaron que existe una correlación negativa del IAF con la distancia entre líneas, o sea que a medida que aumenta la distancia disminuye el IAF independientemente si es regado o no.

2.3.7 Efecto de la densidad de plantas en el número de tallos

Crusciol et al. (1999a) encontraron que a medida que aumenta la población de plantas por m², disminuye la capacidad de macollaje de la planta, siendo 0.48 macollos/pl para 100 semillas por m², 0.07 macollos/pl para 150 semillas por m² y mientras que para 200 semillas por m² prácticamente no hubo macollaje.

Estos autores al estudiar distancias entre líneas, observaron que el número de tallos por m² aumentó con la disminución de la distancia, mientras que el macollaje por planta disminuyó.

Crusciol et al. (2000) estudiando el número de tallos por m² en diferentes densidades de siembra y suponiendo que cada semilla resulta en una planta, consideraron que a medida que aumenta la densidad, disminuye el macollaje. Registrándose 0.84 macollos/pl en la densidad de 100 semillas/m², 0.12 macollos/pl en la densidad de 150 semillas/m², y en la densidad de 200

semillas/m² prácticamente no hubo formación de macollos. Probablemente en la mayor densidad ocurrió muerte de plantas y también pudo haber ocurrido muerte de yemas o macollos hasta la determinación del número de tallos/m². La explicación para esto, es que en las mayores densidades existe mayor competencia intra-específica entre plantas.

Los mismos autores al estudiar distancias entre líneas, observaron que el número de tallos por m² fue afectado significativamente por la distancia entre líneas, en la cual el mayor número (218) se obtuvo en la menor distancia (30 cm), siendo 168 y 154 tallos por m² para distancias de 40 y 50 cm respectivamente.

Santos et al. (2002) en un ensayo en el que estudiaron diferentes densidades de siembra, registraron diferencias significativas para el número de macollos/m². Observando que el número de macollos/m² aumenta a medida que se aumenta la densidad de siembra.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas, reportaron que las diferentes distancias entre líneas afectaron significativamente el número de macollos por m², habiendo una tendencia de aumento en el número de macollos a medida que se disminuyó la distancia entre líneas.

Oliveira et al. (1977) en un ensayo en el que evaluaron densidades de siembra, registraron un aumento en los macollos por m² cuando las densidades fueron altas.

Los mismos autores al estudiar distancias entre líneas, registraron una disminución en el número de macollos por m² cuando se aumentó la distancia entre líneas.

Oliveira et al. (1998b) observaron que al aumentar la densidad de siembra aumentó el número de tallos por m².

Estos autores al estudiar distancias entre líneas, mencionan que la mayor distancia entre líneas determinó un menor número de tallos por m².

Crusciol et al. (1998a) reportaron que el número de tallos por área aumenta mientras que el macollaje por planta disminuye con el aumento de la densidad de siembra.

2.3.8 Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de grano y en componentes del rendimiento

Guimarães et al. (2006) en un trabajo realizado en Goiás (Brasil) estudiando el comportamiento de cultivares de arroz de secano a diferentes densidades de siembra, registraron que el mayor rendimiento (2069.21 kg/ha) se obtuvo con la densidad de 180 pl/m². Por otro lado observaron una disminución en el rendimiento en densidades superiores a esta, en donde la mayor densidad estudiada (340 pl/m²) rindió 1642.64 kg/ha, o sea 26% menos.

Para estos autores el menor rendimiento obtenido en la mayor densidad de siembra (340 pl/m²) se debe al menor número de granos totales por panoja y al menor peso de granos, provocado por el auto-sombreado que reduce la actividad fotosintética de las plantas.

Marques et al. (2003) en un ensayo realizado en Uruguaiana, R.G.S (Brasil), donde evaluaron dos densidades de siembra con tres cvs. de arroz de secano, registraron que no hubo diferencias de la densidad de siembra sobre el rendimiento de granos.

Crusciol et al. (2000) en un experimento en el que se utilizaron diferentes densidades de siembra (100, 150 y 200 semillas/m²) no registraron diferencias significativas sobre la variación de las densidades de siembra en la producción de granos.

Estos autores determinaron que el número de granos totales por panoja fue afectado estadísticamente solamente por la menor densidad, la cual presentó el mayor valor que fue de 228 granos totales por panoja.

Crusciol et al. (2000), Soares, citado por Carvalho et al. (2008) observaron una disminución en el número total de granos cuando se aumentó la densidad de siembra, ajustándose estos resultados a una función lineal negativa.

Crusciol et al. (2000) reportaron que la disminución del número total de granos por panoja por el aumento de la densidad de siembra, puede ser explicada por la competencia existente por luz y agua entre plantas.

Estos mismos autores al estudiar distancias entre líneas, observaron que la producción de granos fue afectada por la distancia entre líneas, alcanzando una mayor producción (5865 kg/ha) con la menor distancia (30 cm), la cual difiere significativamente con las demás distancias (40 y 50 cm), las que obtuvieron una producción de 4400 y 4315 kg/ha respectivamente.

Para estos autores la mayor producción obtenida en la menor distancia entre líneas puede ser atribuida al mayor número de panojas resultado del mayor número de tallos por m² obtenido en esa distancia.

Oliveira et al. (1977) observaron una disminución en el rendimiento cuando se aumentó la densidad de siembra. Esto se asocia al menor número de granos llenos por panoja observado en la mayor densidad, lo que demuestra que existió una mayor competencia entre plantas.

Los mismos autores al estudiar distancias entre líneas, observaron un aumento en el rendimiento cuando se disminuyó la distancia, siendo la distancia de 30 cm la que obtuvo el mayor rendimiento. Estos concluyen que este aumento se debe principalmente al mayor número de panojas por área en la menor distancia.

Santos et al. (2002) no encontraron diferencias en el peso de los granos, número de granos llenos por panoja y en número total de granos por panoja cuando se varió la densidad.

Estos mismos autores en un ensayo realizado con cultivares de secano a diferentes distancias entre líneas (20, 30 y 40 cm), observaron que hubo diferencias significativas en cuanto al rendimiento solamente en las distancias de 20 y 40 cm, con un rendimiento de 2649 kg/ha y 3218 kg/ha, en tanto la distancia de 30 cm obtuvo un rendimiento intermedio de 3068 kg/ha.

Estos autores concluyen que la disminución del número de granos llenos por panoja, número de granos totales por panoja y la mayor incidencia de escaldadura de las hojas observada en la menor distancia entre líneas (20 cm) puede explicar el menor rendimiento. El número de granos llenos por panoja puede deberse a la mayor competencia de las plantas por agua, luz y nutrientes, agravándose por el mayor número de plantas por área, aumentando la competencia.

Según Carvalho et al. (2008) la densidad de siembra no afecta al porcentaje de granos llenos por panoja, pero sí afecta al número total de granos por panoja, peso de 100 granos y el rendimiento.

El aumento de densidad de siembra se correlaciona negativamente con el número de granos totales por panoja, debido a que el mayor número de plantas por área tiende a reducir el tamaño de la panoja (Soares, citado por Carvalho et al., 2008).

Carvalho et al. (2008) encontraron que el número de panojas por m² responde positivamente a la densidad de siembra hasta un valor máximo de 94 y 81 semillas por m lineal. En esos valores el número de panojas por m² fue de 447 y 410 respectivamente.

Los mismos autores al estudiar distancias entre líneas, registraron que la distancia entre líneas afectó el número de panojas por m², en la que a 30 cm se obtuvo el mayor número de panojas por m² (386).

Para estos autores las variables porcentaje de granos llenos por panoja y peso de 100 granos tienen una pequeña o ninguna interferencia de la distancia, al contrario del número de panojas por m², número de granos totales por panoja y rendimiento.

Oliveira et al. (1998a) registraron que el número de granos vacíos disminuyó cuando se aumentó la densidad de semillas viables por m², y en cuanto a los granos llenos por panoja fue mayor en las densidades de 50 y 100 semillas viables por m² comparado con la densidad de 400 semillas viables por m².

En un estudio realizado por Guimarães et al. (2003) en la cual se evaluaron varios genotipos de arroz de secano a distancias de 20, 30, 40 y 50 cm entre líneas, observaron un mayor rendimiento (5466 kg/ha) a 30 cm de distancia, donde los rendimientos a 20, 40 y 50 cm no difirieron estadísticamente entre sí, los cuales fueron 4778, 4683 y 4528 kg/ha respectivamente.

Crusciol et al. (2003d) en un ensayo con distancias de 30, 40 y 50 cm entre líneas, obtuvieron mayor rendimiento a 30 cm de distancia, lo que puede ser atribuido al mayor número de panojas por m² y a la mejor distribución de las plantas, lo que permitió la mayor captación y conversión de luz en fotoasimilados resultando en una mayor producción.

Crusciol et al. (1999a) observaron un número de panojas por m² (167) significativamente mayor en la menor distancia entre líneas (30 cm), comparado con las distancias de 40 y 50 cm que obtuvieron 128 y 113 panojas por m² respectivamente.

Pacheco, citado por Stone y Pereira (1994) estudiando las distancias de 20, 40 y 60 cm entre líneas, observó que el mayor número de panojas por m² y el mayor rendimiento de granos se obtuvo en la menor distancia (20 cm).

Stone y Pereira (1994) registraron un aumento en el número de panojas por m^2 y una disminución de granos llenos por panoja a una distancia entre líneas de 20 cm, comparado con distancias mayores.

Estos mismos autores mencionan que el número de granos llenos por panoja aumenta a medida que aumenta la distancia entre líneas, esto se debe a la menor competencia entre plantas en la mayor distancia.

Souza y Azevedo (1994) al estudiar distancias entre líneas registraron una mayor producción cuando se utilizó la menor distancia entre líneas (20 cm) independientemente de la densidad de siembra.

Estos mismos autores observaron que no hubo diferencias significativas para la variable peso de 100 granos en las diferentes distancias entre líneas.

Santos et al. (2002) observaron que el número de panojas por m^2 , número de granos llenos por panoja y el número total de granos por panoja, presentaron diferencias a diferentes distancias entre líneas. En cuanto al peso de granos no encontraron diferencias.

2.3.9 Efecto de la densidad de plantas en la calidad de granos

Crusciol et al. (1999c) no encontraron diferencias para el porcentaje de granos enteros y para la densidad de siembra. A pesar de no diferir significativamente, se observó que al aumentar la densidad de siembra hubo una disminución en el porcentaje de granos enteros.

En cuanto al porcentaje de granos quebrados encontraron que al aumentar la densidad aumentó significativamente el quebrado de granos.

Resultados contradictorios obtuvieron Arf, Oliveira, citados por Crusciol et al. (1999c), en la que mencionan que al aumentar la densidad aumentó significativamente el porcentaje de granos enteros y disminuyó el porcentaje de granos quebrados.

Según Crusciol et al. (1999c) estudiando los parámetros de granos enteros y quebrados del cv. IAC 201 sembrado a diferentes distancias entre líneas, no encontraron diferencias entre estos parámetros y la variación en la distancia.

Oliveira et al. (1998c) encontraron que la densidad de siembra de 150 semillas viables por m^2 , presentó mayor porcentaje de granos enteros que las

densidades de 50 y 400 semillas viables por m², no difiriendo significativamente de las densidades de 100 y 200 semillas viables por m².

El rendimiento de granos enteros es el resultado de la cantidad de granos enteros obtenidos luego del procesamiento industrial, y es uno de los parámetros más importantes para determinar el valor de comercialización.

Estos mismos autores observaron que la densidad de 150 semillas viables por m², presentó menor porcentaje de granos quebrados comparado con las densidades de 200 y 400 semillas viables por m².

Crusciol et al. (2002) en un ensayo realizado a diferentes distancias entre líneas (30, 40 y 50 cm), no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de granos enteros y quebrados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó en el año agrícola 2005/06 en el establecimiento El Junco perteneciente a DONISTAR S. en C., situado en el departamento de Salto, a 17 km de Colonia Itapebí (Ruta 31, km. 53) y a 70 km de la ciudad de Salto.

El suelo donde se desarrolló el ensayo corresponde a un Vertisol Háplico profundo perteneciente a la unidad Itapebí - Tres Árboles (URUGUAY. MAP. DSF, 1979).

La fisiografía del ensayo estuvo compuesta por una ladera media larga, con una pendiente de 0.7% y orientación Suroeste. El suelo dominante se caracterizó por tener hasta 1 m de profundidad con una textura dominante arcillo limoso.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con 3 repeticiones. La parcela mayor fue riego donde se aplicaron los tratamientos de riego según la ETm (0, 33, 66 y 100% de la evapotranspiración máxima), ocupando un área de 0.85 ha con un tamaño de parcelas variable según la disponibilidad de campo.

La parcela menor fue población donde se aplicaron los tratamientos de población baja (100 plantas/m²) y muy baja (50 plantas/m²), ocupando un área de 42 m² (6 x 7m) por parcela, donde una mitad correspondió a población baja y la otra mitad correspondió a población muy baja.

3.2.1 Tratamientos de riego

Los tratamientos consistieron en tres manejos de agua de riego y uno en secano. La aplicación de los diferentes riegos se realizó de acuerdo a la evapotranspiración máxima (ETm) diaria.

Estos se definieron de la siguiente forma.

Cuadro No. 6. Tratamientos de riego.

Riego	
T1	0% ETm (R0)
T2	33% ETm (R33)
T3	66% ETm (R66)
T4	100% ETm (R100)

3.2.2 Tratamientos de población

Los tratamientos se definieron de la siguiente forma.

Cuadro No. 7. Tratamientos de población.

Población	
T1	Baja (100 pl/m ²)
T2	Muy Baja (50 pl/m ²)

La población baja fue sembrada a una distancia entre líneas de 0.19 m. En cambio la población muy baja se obtuvo luego de la eliminación de una línea de plantas por medio, quedando a una distancia entre líneas de 0.38 m.

Cabe aclarar que la población muy baja quedó disponible para el estudio a los 67 días post siembra.

3.3 MANEJO DEL CULTIVO

3.3.1 Preparación de suelo

La preparación consistió en la pasada de excéntrica y luego de esta se realizó la pasada de landplane, culminando con la construcción de las fajas de riego.

3.3.2 Siembra

La siembra se realizó el 14 de diciembre de 2005 con una sembradora John Deere 750 de siembra directa con discos espaciados a 0.19 m. El cultivar utilizado fue el cv. Gardel a una densidad de 150 kg/ha de semilla.

3.3.3 Fertilización

La fertilización basal consistió en la aplicación de 100 kg/ha de 18-46-0.

No se realizaron aplicaciones post siembra debido a problemas de control de malezas, habiendo una alta presencia de estas.

3.3.4 Riego

El tratamiento R0 fue el único que no se regó, siendo el agua recibida únicamente de precipitaciones. En cambio los tratamientos R33, R66 y R100 recibieron agua de precipitaciones y riego.

El período de probabilidad de riego para los tratamientos R33, R66 y R100 fue del 14 de diciembre de 2005 hasta el 14 de abril de 2006.

Cuadro No. 8. Inicio y fin de riegos.

	Tratamientos		
	R33	R66	R100
Inicio de Riego	12/02/2006	28/01/2006	11/01/2006
Fin de Riego	31/03/2006	4/04/2006	12/04/2006

Cuadro No. 9. Cantidad de riegos durante el ciclo del cultivo.

	Tratamientos		
	R33	R66	R100
Cantidad de Riegos	7	11	20

Cabe aclarar que a fines de diciembre se regaron todas las parcelas por igual. Luego de marcar los tratamientos de riego en la primer semana de enero, se regaron todas las parcelas por igual. También cabe aclarar que no se realizaron 2 riegos para el tratamiento R66 (4 y 13 de marzo) y 2 para el tratamiento R100 (3 y 12 de marzo) por problemas de logística.

3.3.4.1 Método de riego

El método de riego utilizado fue el de melgas ó fajas por superficie. Estas se ubicaron a favor de la pendiente permitiendo el desplazamiento del agua de forma uniforme. Luego de recorrer el agua el 70% de la melga, se cortaba el riego, terminándose de regar el restante 30% con el agua residual que descendía a través de la pendiente.

3.3.5 Malezas

El control de malezas se realizó de forma manual con una azada, el cual consistió en la eliminación de *Digitaria sanguinalis* en la parcela menor (población).

Cabe aclarar que no se realizó control químico en el ensayo porque el herbicida disponible podría causar fitotoxicidad al cultivo. Esto se comprobó realizando pruebas en parcelas que no estaban en estudio donde se observó un cambio de coloración foliar en el cultivo.

3.3.6 Enfermedades

No se aplicaron fungicidas al cultivo por no haberse detectado presencia de enfermedades.

3.3.7 Plagas

No se aplicaron insecticidas al cultivo debido a que no se detectó la presencia de plagas.

3.3.8 Cosecha

La cosecha se realizó el 4 de mayo de 2006, cosechándose las panojas de las plantas seleccionadas para poder evaluar el rendimiento de granos en megagramos por hectárea.

3.4 DETERMINACIONES

3.4.1 En suelo y riego

3.4.1.1 Curva característica de agua en el suelo

Se tomaron muestras de suelo imperturbadas entre 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad, las cuales consistieron en 3 muestras con 2 repeticiones. La metodología de muestreo fue tomar muestras con cápsulas de aluminio a diferente profundidad, para luego procesarlas en laboratorio utilizando la metodología de ollas de presión para determinar las propiedades físicas del suelo. A través del resultado de estas muestras se llega a la curva de retención del agua para el suelo a través del programa Curvaret ajustado al modelo de Van Genuchten.

3.4.1.2 Infiltración de agua en el suelo

Esta determinación se realizó con el método de doble anillos (según metodología), utilizándose dos anillos metálicos de diferente diámetro, uno dentro del otro. El anillo exterior se mantenía con agua a altura constante, mientras que el anillo interior el cual en su centro tenía una regla (cm), se observaba el descenso del agua cada cierto tiempo y se medía en la regla cuantos centímetros descendía entre un registro y otro. Al mismo tiempo de haber registrado el descenso se reponía con agua y así sucesivamente hasta la estabilización del agua en el suelo.

Luego de estas mediciones se conforma una tabla, la cual tiene todas las lecturas realizadas del descenso del agua en determinado tiempo, obteniéndose así el tiempo acumulado y la altura de agua acumulada (lámina de agua). Con estos datos se realiza una gráfica con los ejes en escala logarítmica para su linearización. De esta gráfica se desprende una ecuación de primer grado ($y = a x^b$) que permitirá resolver la función de la tasa de infiltración y la infiltración acumulada (Carnelli y García, 2006).

✓ Ecuación de tasa de infiltración:

$$i = K T^{a-1}$$

i = tasa de infiltración en $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$.

K = constante en unidades de milímetros por hora elevada al exponente a (mm/hr^a).

T = tiempo en minutos.

$a-1$ = sin unidades.

✓ Ecuación de infiltración acumulada (Kostiakov modificado):

$$D = K T^a + bT$$

D = infiltración acumulada en milímetros.

K = constante en unidades de milímetros por hora elevada al exponente a (mm/hr^a).

T = tiempo en minutos.

a = sin unidades.

b = milímetros por horas (mm/hr).

Con estas dos ecuaciones se puede graficar la tasa de infiltración y la infiltración acumulada para el suelo del ensayo.

3.4.1.3 Tiempo de oportunidad de infiltración y lámina aplicada

La metodología consiste en medir el tiempo de avance y recesión del agua para obtener el tiempo de oportunidad de infiltración. Para esto, se colocaron estacas cada 10 m en el centro de la melga, además se colocó en la entrada de la misma un vertedero triangular de vértice 90° para medir el caudal.

La prueba comenzó con el registro del caudal (lts/seg) a la entrada de la melga, seguido por el registro del tiempo de avance cada 10 m. Al llegar el agua de avance al final de la melga, se procedió a cortar el ingreso del agua y se tomó el tiempo de corte. A partir de ese momento se comienza a registrar el tiempo de recesión o desaparición del agua en superficie cada 10 m.

$$\text{Tiempo de oportunidad} = T. \text{ de recesión} - T. \text{ de avance}$$

El tiempo de oportunidad determina el tiempo de riego en el cual se aplica una lámina determinada. Para esto, con el tiempo de oportunidad calculado se ingresa a la ecuación de infiltración de Kostiakov y se obtiene la lámina infiltrada.

3.4.1.4 Eficiencia de aplicación, percolación profunda y escurrimiento superficial del agua de riego

Para la obtención de la eficiencia de aplicación, percolación profunda y el escurrimiento superficial del agua de riego, se utilizó el software de simulación Surface Irrigation Simulation Model (SRFR) v.4.06. Para esto se ingresó en el simulador el caudal y el tiempo de corte del agua de riego extraído de las medidas de avance y recesión, así como el largo y ancho de la melga, la pendiente del ensayo, el valor de lámina requerida y los parámetros de la ecuación de infiltración acumulada.

3.4.1.5 Tensión del agua en el suelo

Este registro se realizó a través de dos tensiómetros colocados a 20 cm de profundidad, uno en el tratamiento sin riego (R0) y el otro en el tratamiento con riego (R100). El objetivo era de determinar la tensión del agua en suelo, antes y después de registrarse precipitaciones para la parcela en seco, y antes y después de regarse la parcela de riego.

Cabe aclarar que a partir del 1 de marzo el tensiómetro ubicado en el tratamiento con riego (R100) fue sustituido por otro, debido a que presentaba problemas de lectura. Otra aclaración es con respecto al tensiómetro del tratamiento sin riego (R0), del cual se obtuvo un único registro, realizándose el

mismo el día de su instalación (9 de febrero), luego de esto presentó problemas de manejo.

3.4.1.6 Medición de caudal de riego

La medición del caudal (lts/seg) se realizó en un aforador de tipo “Sin cuello” colocado en una regadera secundaria del experimento. Para este aforador se consideró el grado de sumergencia, o sea la relación lectura aguas abajo (Hb) y lectura aguas arriba (Ha); (Böcking et al., 2005). Se encontró que la relación Hb/Ha fue menor a 0.75, por lo tanto la condición fue de flujo libre, lo que determinó que se realizara una sola lectura aguas arriba (Ha). Esta lectura se realizó con una regla (cm) colocada a 10 cm de la entrada del aforador. Luego se ubicó el registro de Ha en una tabla de calibración, obteniéndose el caudal (lts/seg) ingresado en ese momento. Para determinar el caudal total por riego de cada tratamiento, se multiplicó el caudal (lts/seg) por el tiempo (segundos) de duración del riego.

3.4.2 En el cultivo

3.4.2.1 Densidad de plantas

El 4 de enero (21 DPS) antes del inicio de los tratamientos de riego, se realizó la determinación del número de plantas por metro, la que consistió en el conteo de plantas en 2 m lineales con tres repeticiones al azar por parcela. Luego de esto se procedió a realizar los cálculos para obtener el número de plantas logradas por m².

3.4.2.2 Altura

Las mediciones de altura se realizaron el 1 de marzo (77 DPS), 21 de marzo (96 DPS) y el 3 de abril (110 DPS). Se tomaron 30 mediciones al azar para los tratamientos de riego y población, siendo 15 en población baja y 15 en población muy baja.

Las mediciones se realizaron con una regla colocada desde la base de la planta en el suelo hasta la punta de hoja bandera en forma extendida. Luego de finalizar las mediciones se procedió a realizar el promedio de alturas por tratamiento.

3.4.2.3 Materia seca

Los muestreos de materia seca para el tratamiento de riego y población baja, se realizaron el 10 de febrero (58 DPS), 10 de marzo (86 DPS) y el 4 de

mayo (141 DPS). Mientras que para el tratamiento de riego y población muy baja, se realizó el 4 de mayo (141 DPS).

La metodología consistió en elegir 0.5 m lineales que fuesen representativos del cultivo, donde se extrajo una muestra de planta entera y se determinó el peso fresco. Posteriormente en el laboratorio de INIA LB se secaron las muestras en estufa a 65 °C durante 48 horas y se determinó el peso seco. Luego de esto se realizaron cálculos para obtener el peso seco en megagramos por hectárea.

3.4.2.4 Índice de área foliar

Las determinaciones del índice de área foliar se realizaron el 24 de febrero (72 DPS), 10 de marzo (86 DPS), 6 de abril (113 DPS) y el 4 de mayo (141 DPS).

La metodología consistió en la elección de 1 m lineal que fuese representativo del cultivo. Estas mediciones se realizaron con el medidor digital Li - cor 3000A, el cual se pasaba desde la base de la planta hasta su extremidad superior.

3.4.2.5 Componente del rendimiento

La cosecha se realizó el 4 de mayo a los 141 DPS. Para esto se buscaron lugares representativos de la parcela donde se colocó una piola de 2 m de largo entre hileras, cosechando con una tijera a cada lado de la piola (4 m lineales).

Luego de la cosecha se procedió a trillar manualmente el material cosechado, se realizó una pre limpieza y limpieza, se registró el peso y se determinó el rendimiento en megagramos por hectárea.

3.4.2.6 Número de panojas

Para la obtención de este componente, se realizó el conteo de panojas cosechadas en los cuatro metros lineales de cada tratamiento y se procedió a realizar el cálculo por m².

3.4.2.7 Número de granos llenos por panoja

Este se determinó a través del rendimiento, peso de mil granos y del número de panojas por m², realizándose el cálculo de número de granos llenos por panoja.

3.4.2.8 Peso de mil granos

Para la determinación se extrajo una muestra de 100 granos por repetición de cada tratamiento, se registró su peso y se calculó el promedio de las tres muestras llevándolo a peso de mil granos.

3.4.3 Registro climático

Los datos climáticos (temperatura, humedad, precipitaciones, radiación solar y viento) fueron registrados en una estación meteorológica automática Davis instalada aproximadamente a 1 km del ensayo.

Por otro lado, también se registró la evaporación diaria en tanque “A” ubicado aproximadamente a 1 km del ensayo.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS®). Evaluándose el efecto del riego y población (distancia entre líneas) sobre la altura, producción de materia seca, índice de área foliar, rendimiento y componentes del rendimiento. Para evaluar el efecto del tratamiento se realizaron análisis de varianza y para la comparación de tratamientos se realizó comparación de medias a partir de mínima diferencia significativa (MDS) al $P \leq 0.10$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas presentes durante el cultivo de arroz, son de gran importancia para su desarrollo y para su posterior rendimiento, siendo la temperatura (media, máxima y mínima) y la radiación solar las variables de mayor impacto.

4.1.1 Temperatura

En la figura No. 1, se presentan las temperaturas registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.

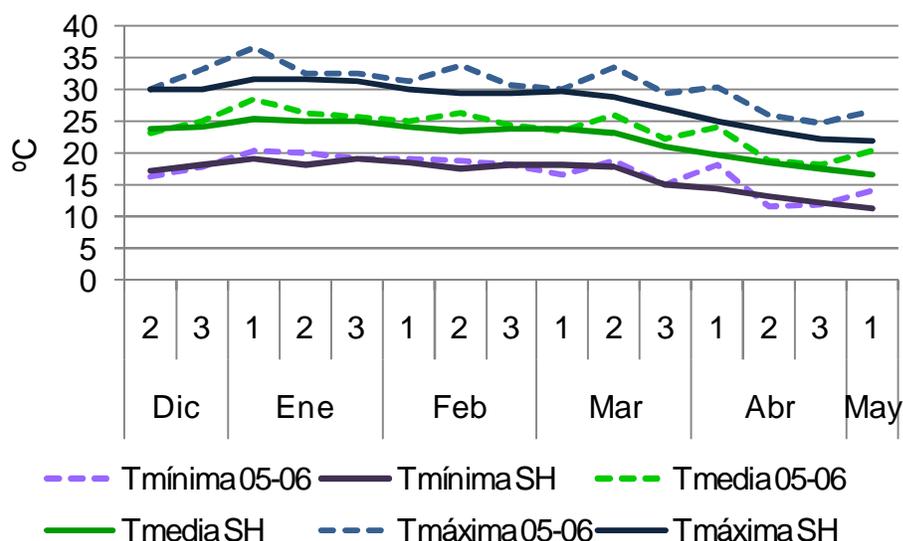


Figura No. 1. Temperatura media, máxima y mínima promedio decádica para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.

Las temperaturas mínimas fueron similares a la media histórica durante la mayor parte del ciclo del cultivo, en cambio las temperaturas medias fueron superiores a la media histórica. Para las temperaturas máximas también se observó que estas fueron superiores a la media histórica, obteniéndose diferencias máximas de 5.1 °C en la primer década de enero y de abril.

A partir de la figura No. 2, y en varios puntos más, se mencionará el período aproximado de cada estado fisiológico para los diferentes tratamientos de riego. Estos períodos fueron determinados por apreciación visual con la ayuda de una escala (Böcking et al., 2005).

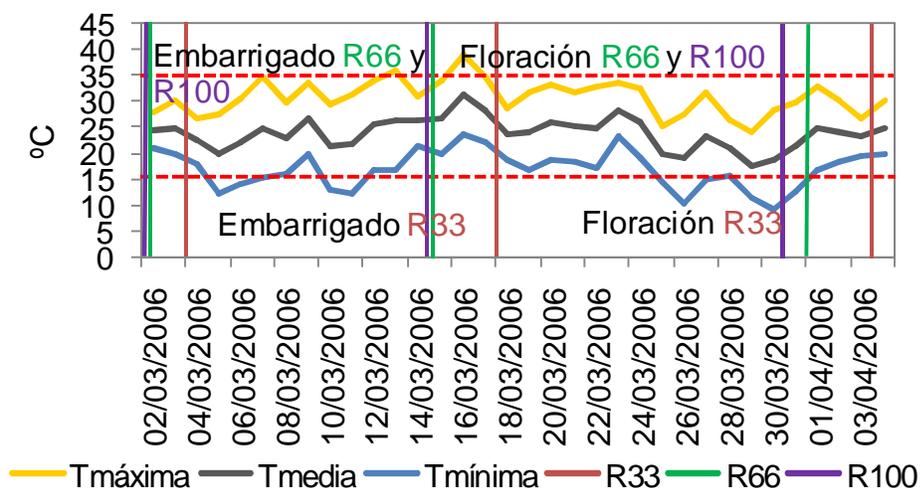


Figura No. 2. Temperatura media, máxima y mínima desde embarrigado hasta floración para los tratamientos de riego R33, R66 y R100.

Como se observa en la figura No. 2, existieron temperaturas mayores a 35 °C únicamente en dos oportunidades, durante el embarrigado para los tres tratamientos y al inicio de floración en los tratamientos R66 y R100. En cuanto a temperaturas menores a 15 °C, se observaron en cuatro oportunidades durante el embarrigado y en seis oportunidades durante la floración para los tres tratamientos. Estos límites de temperaturas entorno a floración fueron reportados por Stansel, citado por Marco y Marella (2006), el cual menciona que temperaturas menores a 15 °C y mayores a 35 °C afectan la polinización. Como se puede apreciar la mayor limitante fue de temperaturas inferiores a los 15 °C durante el embarrigado y la floración.

4.1.2 Precipitaciones

En la figura No. 3, se presentan las precipitaciones registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05. Esta variable se analizará como único aporte de agua en tratamiento sin riego y como un complemento al riego para los tratamientos con riego.

Se observa que las precipitaciones registradas son muy inferiores a la media histórica excepto en la segunda década de enero.

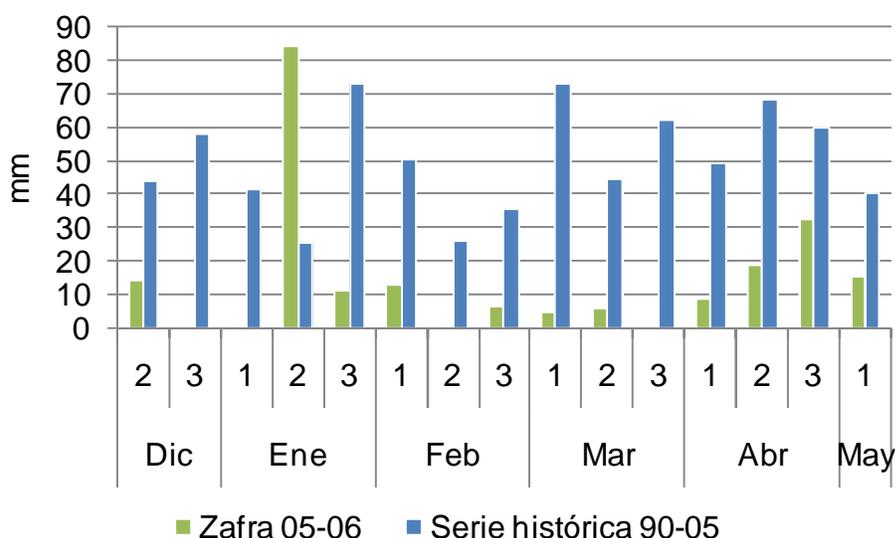


Figura No. 3. Precipitación decádica para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica 1990/05.

En el cuadro No. 10, se presentan las precipitaciones registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 10. Precipitaciones en mm para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento sin riego (R0).

Estado	Período	PP (mm) Zafra	PP (mm) SH
Vegetativo	14/12-02/03	115.2	357.0
Reproductivo	03/3-04/05	70.6	367.9
Total ciclo	14/12-04/05	185.8	724.9

Las precipitaciones desde siembra hasta el final de ciclo fueron 185.8 mm, en cambio la media histórica para el mismo período fue de 724.9 mm, generándose así un déficit de 539.1 mm para la zafra 2005/06 comparado con la media histórica, lo que significa un 74.4% inferior.

Se observa que el déficit fue de relevancia en el estado vegetativo, siendo 67.7% inferior al promedio histórico. En cambio en el estado reproductivo el déficit fue aun más relevante situándose en 80.8%. Este déficit afectó desde la siembra hasta el final del ciclo, provocando un retraso en el desarrollo en el cual el máximo estado logrado fue el de primordio, senesciendo el cultivo luego del mismo.

En el cuadro No. 11, se presentan las precipitaciones registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 11. Precipitaciones para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R33).

Estado	Período	PP (mm) Zafra	PP (mm) SH
Vegetativo	14/12-17/02	108.4	305.9
Reproductivo	18/02-04/04	17.2	233.4
Llenado grano	05/04-04/05	60.2	185.6
Total ciclo	14/12-04/05	185.8	724.9

Se puede apreciar que el déficit en estado vegetativo fue de 64.6% inferior al promedio histórico. Mientras que en el estado reproductivo el mismo fue de 92.6% con respecto al promedio. Para el estado de llenado de grano el déficit con respecto a la media fue de 67.6%.

En el cuadro No. 12, se presentan las precipitaciones registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 12. Precipitaciones para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R66).

Estado	Período	PP (mm) Zafra	PP (mm) SH
Vegetativo	14/12-15/02	108.4	301.8
Reproductivo	16/02-01/04	17.2	227
Llenado grano	02/04-04/05	60.2	196.1
Total ciclo	14/12-04/05	185.8	724.9

Se puede observar un déficit de 64.1% en estado vegetativo con respecto al promedio histórico. Sin embargo, en estado reproductivo se observa el mayor déficit, el que es 92.4% inferior a la media. Por otra parte, en llenado de grano el déficit fue de 69.3% con respecto al promedio.

En el cuadro No. 13, se presentan las precipitaciones registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 13. Precipitaciones para la zafra 2005/06 y el promedio de la serie histórica según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R100).

Estado	Período	PP (mm) Zafra	PP (mm) SH
Vegetativo	14/12-15/02	108.4	301.8
Reproductivo	16/02-31/03	17.2	226.2
Llenado grano	01/04-04/05	60.2	196.9
Total ciclo	14/12-04/05	185.8	724.9

Como se observa en estado vegetativo el déficit es de 64.1% con respecto a la media histórica. Luego en estado reproductivo se puede apreciar que el déficit es de 92.4% inferior a la media, siendo el déficit de mayor relevancia dentro del ciclo. En llenado de grano el déficit fue de 69.4% inferior a la media.

En el cuadro No. 14, se presentan las precipitaciones registradas previas a la siembra.

Cuadro No. 14. Precipitaciones pre siembra.

Fecha	PP (mm)
14/11/2005	12
23/11/2005	14
03/12/2005	28
04/12/2005	16
08/12/2005	5
09/12/2005	0.2
12/12/2005	14

Las precipitaciones ocurridas previas a la siembra permitieron llegar al día de la siembra (14 de diciembre) con adecuada humedad en suelo, siendo de mayor relevancia la precipitación registrada el 12 de diciembre con 14 mm.

4.1.3 Heliofanía

En la figura No. 4, se presentan las horas de sol registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.

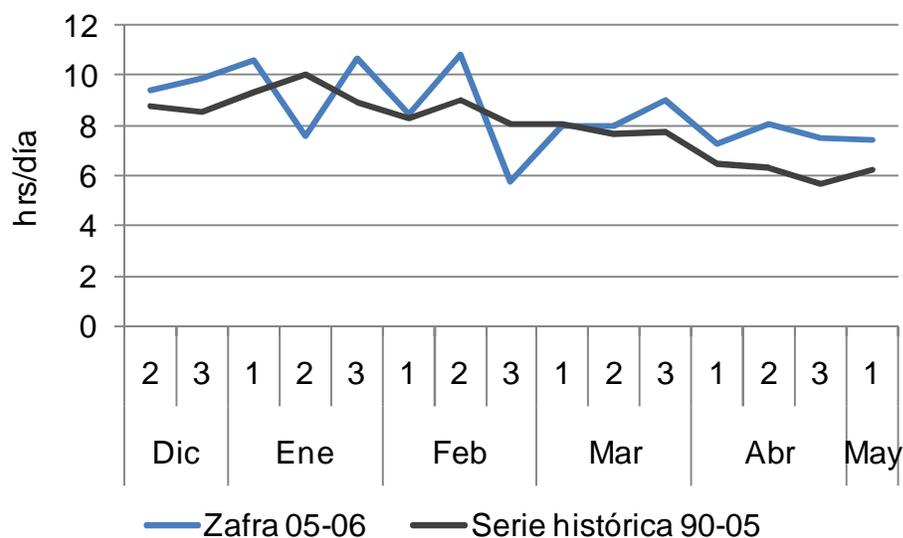


Figura No. 4. Horas de sol o heliofanía promedio decádica para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.

En cuanto a la heliofanía registrada durante el cultivo, se observó que fue superior a la media histórica en la mayor parte de su desarrollo, excepto en la segunda década de enero y en la tercer década de febrero. Esta alta heliofanía es consecuencia de la baja precipitación ocurrida durante el cultivo, llevando a que haya menos días con nubosidad.

En el cuadro No. 15, se presentan las horas de sol registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 15. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento sin riego (R0).

Estado	Período	Horas de sol Zafra	Horas de sol SH
Vegetativo	14/12-02/03	708.9	702.9
Reproductivo	03/03-04/05	521.1	433.6
Total ciclo	14/12-04/05	1230.0	1136.5

La cantidad de horas de sol acumuladas durante el ciclo del cultivo es superior a la media histórica en 7.6%. En el estado vegetativo lo acumulado superó muy levemente a la media histórica en 0.8%. Durante el estado reproductivo se obtuvo la mayor diferencia en horas acumuladas, la que superó al promedio en 16.8%.

En el cuadro No. 16, se presentan las horas de sol registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 16. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R33).

Estado	Período	Horas de sol Zafra	Horas de sol SH
Vegetativo	14/12-17/02	625.1	595.7
Reproductivo	18/02-04/04	368.2	358.9
Llenado grano	05/04-04/05	236.7	181.9
Total ciclo	14/12-04/05	1230.0	1136.5

La cantidad de horas de sol acumuladas durante el estado vegetativo fue de 4.7% superior a la media histórica. En el estado reproductivo se obtuvo la menor diferencia que fue de 2.5% superior a la media. En cambio en el estado de llenado de grano, se obtuvo la mayor diferencia siendo 23.1% superior a la media.

En el cuadro No. 17, se presentan las horas de sol registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 17. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R66).

Estado	Período	Horas de sol Zafra	Horas de sol SH
Vegetativo	14/12-15/02	605.2	577.7
Reproductivo	16/02-01/04	368.8	356.9
Llenado grano	02/04-04/05	256.0	201.9
Total ciclo	14/12-04/05	1230.0	1136.5

La cantidad de horas de sol acumuladas durante el estado vegetativo, fue de 4.5% superior a la media histórica. En el estado reproductivo fue de 3.2% superior a la media. En cambio en el estado de llenado de grano se obtuvo la mayor diferencia correspondiendo a 21.1% superior a la media.

En el cuadro No. 18, se presentan las horas de sol registradas para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05 según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 18. Horas de sol acumuladas según estado fisiológico aproximado del cultivo para el tratamiento con riego (R100).

Estado	Período	Horas de sol Zafra	Horas de sol SH
Vegetativo	14/12-15/02	605.2	577.7
Reproductivo	16/02-31/03	359.5	349.9
Llenado grano	01/04-04/05	265.3	208.9
Total ciclo	14/12-04/05	1230.0	1136.5

En el estado vegetativo y reproductivo la cantidad de horas de sol acumuladas fue levemente superior a la media histórica, siendo 4.5% para el vegetativo y 2.7% para el reproductivo. La mayor diferencia de horas acumuladas ocurrió en el llenado de grano, siendo esta 21.3% superior al promedio.

4.1.4 Evaporación de tanque A

En la figura No. 5, se presenta la evaporación registrada para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.

La evaporación durante el cultivo fue mayormente superior a la media histórica exceptuando la segunda década de enero, tercer década de febrero y primer década de marzo, que fue de 0.9, 0.3 y 0.1 mm por debajo de la media histórica respectivamente. Sin embargo, las mayores diferencias se observaron en la segunda década de febrero y tercer década de marzo, alcanzando 2 y 1.9 mm por encima de la media histórica respectivamente.

Este resultado generalizado de la evaporación, se dio como consecuencia de las bajas precipitaciones y las altas temperaturas registradas durante este período.

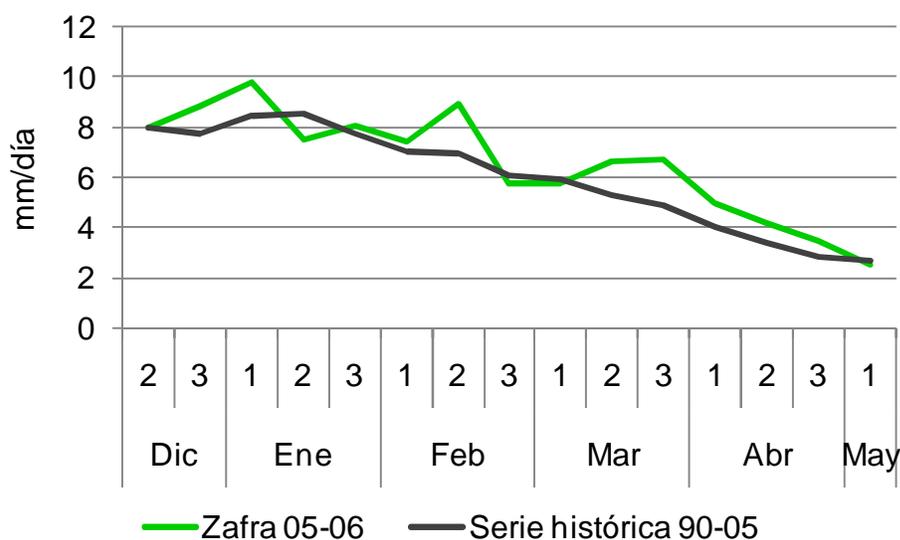


Figura No. 5. Evaporación promedio decádica del tanque A para la zafra 2005/06 y para la serie histórica 1990/05.

4.2 DENSIDAD DE PLANTAS

En el cuadro No. 19, se presenta la densidad de plantas lograda antes del comienzo del tratamiento de riego.

Cuadro No. 19. Densidad de plantas a los 21 días post siembra.

Tratamiento	No. Plantas/m ²
R0 ¹	89 (a)
R33 ¹	92 (a)
R66 ¹	102 (a)
R100 ¹	96 (a)

¹ Parcelas antes del comienzo del tratamiento de riego.

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

El número de plantas logradas a los 21 días post siembra, no presentó diferencias significativas entre parcelas ($P = 0.2377$). Sin embargo, al comparar el valor promedio (95 pl/m²), con el valor de referencia (200-300 pl/m²) reportado por Gamarra (1996), se observa que están muy por debajo de la referencia.

4.3 GASTO DE AGUA

4.3.1 Consumo total de agua

Para el consumo de agua de riego se realizó un análisis estadístico solamente para corroborar si el consumo de los distintos manejos se correlaciona con las determinaciones de los tratamientos en sí. Se pudo observar que existen diferencias significativas ($P=0.0001$) entre tratamientos de acuerdo a lo esperado para cada determinación de cada tratamiento.

En la figura No. 6, se presenta el consumo total de agua durante el ciclo del cultivo para los tratamientos de riego.

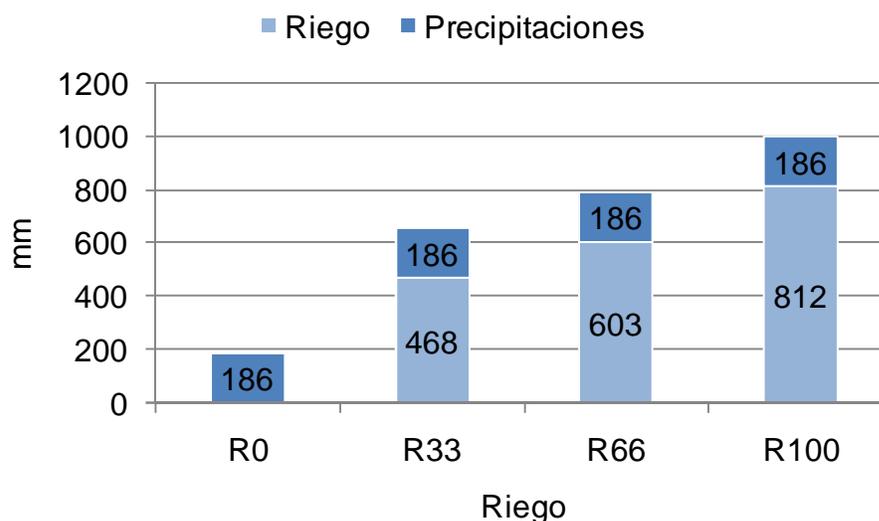


Figura No. 6. Consumo de agua de riego y de precipitaciones.

El tratamiento R0 recibió agua solamente de precipitaciones, siendo esta cantidad 77% en promedio inferior a los demás tratamientos. En cambio en los tratamientos con riego, se pudo observar que R33 consumió la menor cantidad de agua, siendo esta 17 y 34% inferior a R66 y R100 respectivamente. Por otro lado R66 consumió un 21% menos de agua comparado a R100. En cuanto a las precipitaciones dentro del consumo total para los tratamientos R0, R33, R66 y R100, representaron el 100, 28, 24 y 19% respectivamente.

En el cuadro No. 20, se presenta el consumo total de agua (riego y precipitaciones) según el estado fisiológico del cultivo.

Cuadro No. 20. Consumo de agua de riego y de precipitaciones según estado fisiológico aproximado del cultivo para los tratamientos de riego.

R0			R33	
Estado	Período	PP ¹	Período	RR+PP ²
Vegetativo	14/12-02/03	115.2	14/12-17/02	194.0
Reproductivo ³	03/03-04/05	70.6	18/02-04/04	400.1
Llenado grano			05/04-04/05	60.2
Total ciclo	14/12-04/05	185.8	14/12-04/05	654.3

R66			R100	
Estado	Período	R+PP ²	Período	R+PP ²
Vegetativo	14/12-15/02	355.7	14/12-15/02	399.5
Reproductivo	16/02-01/04	326.4	16/02-31/03	465.9
Llenado grano	02/04-4/05	106.5	01/04-04/05	132.5
Total ciclo	14/12-04/05	788.6	14/12-04/05	997.9

¹ PP= Precipitaciones (mm).

² R+PP= Riego y precipitaciones (mm).

³ El tratamiento R0 termino su ciclo en primordio.

Como se puede observar, el tratamiento R0 presenta el menor valor de consumo en estado vegetativo, siendo este aportado por precipitaciones. En cambio el mayor consumo es obtenido por R100. Se puede apreciar una baja diferencia en consumo en estado vegetativo entre los tratamientos R66 y R100, siendo esta de 11% a favor de R100.

En estado reproductivo se observa nuevamente que R100 obtiene el mayor consumo, mientras que R0 tiene el menor consumo. Se puede observar también que R33 y R100 tienen la menor diferencia en consumo, siendo esta de 14.1% a favor de R100.

Por otro lado, en llenado de grano se registró el mayor consumo en el tratamiento R100, siendo 19.6 y 54.6% superior a R66 y R33 respectivamente.

4.3.2 Consumo de agua de riego

En la figura No. 7, se presenta el consumo de agua de riego y la recomendación de riego (demanda del cultivo) para los tratamientos de riego durante el ciclo del cultivo.

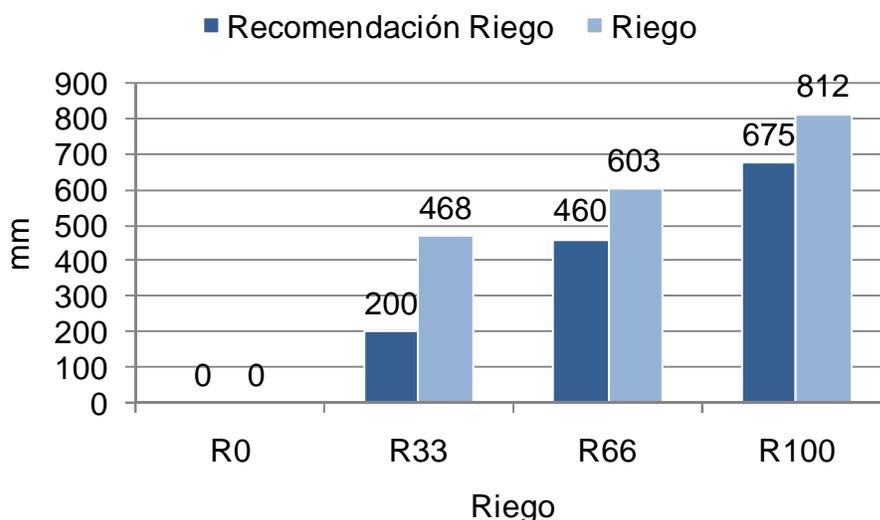


Figura No. 7. Consumo de agua de riego y recomendación de riego.

El consumo de agua de riego de R33, fue 57% superior a la demanda del mismo. Para los tratamientos R66 y R100, el consumo de agua de riego fue 24 y 17% superior a la demanda respectivamente. A través de estos resultados se puede observar que la eficiencia de aplicación del agua de riego (mm demandados/mm regados), fue de 43, 76 y 83% para R33, R66 y R100 respectivamente.

En el cuadro No. 21, se presenta el consumo de agua de riego según el estado fisiológico del cultivo.

Se puede observar que el tratamiento R0 no presenta valores de riego debido a que este tratamiento es sin riego. Otra observación es que en estado vegetativo el tratamiento R100 presenta el mayor consumo de agua, superando en 15 y 70.6% a R66 y R33 respectivamente.

Durante el estado reproductivo nuevamente el tratamiento R100 es superior en consumo, siendo 14.6 y 31.1% superior a R33 y R66 respectivamente.

En llenado de grano el mayor consumo se registró en el tratamiento R100, siendo este 36 y 100% superior a R66 y R33 respectivamente.

Cuadro No. 21. Consumo de agua de riego según estado fisiológico aproximado del cultivo para los tratamientos de riego.

		R0		R33	
Estado	Período	R ¹	Período	R ¹	
Vegetativo	14/12-02/03	0	14/12-17/02	85.6	
Reproductivo ²	03/03-04/05	0	18/02-04/04	382.9	
Llenado grano			05/04-04/05	0	
Total ciclo	14/12-04/05	0	14/12-04/05	468.5	

		R66		R100	
Estado	Período	R ¹	Período	R ¹	
Vegetativo	14/12-15/02	247.3	14/12-15/02	291.1	
Reproductivo	16/02-01/04	309.2	16/02-31/03	448.7	
Llenado grano	02/04-04/05	46.3	01/04-04/05	72.3	
Total ciclo	14/12-04/05	602.8	14/12-04/05	812.1	

¹ R= Riego (mm).

² El tratamiento R0 termino su ciclo en primordio.

En el cuadro No. 22, se presenta la lámina de riego aplicada para cada tratamiento de riego.

Cuadro No. 22. Lámina aplicada promedio para cada tratamiento de riego.

	R0	R33	R66	R100
Consumo de agua (mm)	0	468	603	812
No. de riegos	0	7	11	20
Lámina promedio (mm)	0	67	55	41

Los tratamientos R33, R66 y R100, tuvieron un consumo de agua promedio por riego de 67, 55 y 41 mm respectivamente.

4.4 RESULTADOS EN EL CULTIVO

4.4.1 Altura

En el cuadro No. 23, se presenta la altura de plantas durante el ciclo del cultivo para los tratamientos de riego.

Cuadro No. 23. Altura de plantas en centímetros para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones) a los 77, 96 y 110 días post siembra.

	Altura (cm) 77 dps	Altura (cm) 96 dps	Altura (cm) 110 dps
R0	49.3 (b)	56.3 (b)	55.7 (b)
R33	61.5 (a)	88.4 (a)	85.5 (a)
R66	72.4 (a)	88.3 (a)	90.3 (a)
R100	66.3 (a)	83.9 (a)	84.9 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

En la primer fecha (77 dps), la altura de plantas difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.0181$). El riego que presentó el mayor valor fue R66 sin diferir de R100 y R33. En contraste el menor valor fue para R0 difiriendo de estos tratamientos.

En la segunda fecha (96 dps), la altura de plantas difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.0001$). El riego que presentó el mayor valor fue R33 sin diferir de R66 y R100, mientras que el menor valor fue para R0.

En la última fecha (110 dps), la altura de plantas difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.0010$). El riego con mayor valor fue R66, sin diferir de R33 y R100, mientras que el menor valor fue para R0 difiriendo de estos tratamientos.

La menor altura del tratamiento R0 es debido al menor consumo de agua durante el ciclo del cultivo.

Algunos autores (Crusciol et al. 2003e, Rodrigues et al. 2004, Arf et al. 2006) obtuvieron resultados similares a los obtenidos en la última fecha (110 dps), donde el tratamiento de secano presenta la menor altura. La reducción en la altura de las plantas provocada por la ausencia de riego, está directamente relacionada con la menor cantidad y distribución irregular de las lluvias, principalmente en las fases vegetativas y reproductivas (Rodrigues et al., 2004). En ensayos utilizando diferentes láminas de agua, se pudo observar que la disminución de la disponibilidad hídrica redujo la altura de las plantas (Crusciol et al. 1998c, Crusciol et al. 2003e).

Por otro lado, Arf et al. (2001) durante dos años de experimentos, determinaron que el tratamiento sin riego en el primer año obtuvo la menor altura de plantas comparado con el tratamiento con riego. Estos resultados son

coincidentes a los obtenidos en el ensayo a los 110 dps. En cambio en el segundo año de estudio, estos mismos autores no encontraron diferencias estadísticas en la altura de plantas entre los tratamientos con y sin riego. Probablemente, debido a la mayor cantidad de precipitaciones y mejor distribución de las mismas.

En el cuadro No. 24, se presenta la altura de plantas durante el ciclo del cultivo para los tratamientos de población.

Cuadro No. 24. Altura de plantas para los tratamientos de población (promedio de riegos) a los 77, 96 y 110 días post siembra.

	Altura (cm) 77 dps	Altura (cm) 96 dps	Altura (cm) 110 dps
100	65.3 (a)	82.6 (a)	80.8 (a)
50	59.5 (b)	75.8 (b)	77.4 (b)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

En la primer fecha (77 dps), la altura de plantas difiere significativamente entre poblaciones ($P=0.0679$), siendo el mayor valor en 100 plantas por m^2 .

En la segunda fecha (96 dps), la altura de plantas difiere significativamente entre poblaciones ($P=0.0031$), presentándose el mayor valor en 100 plantas por m^2 .

En la última fecha (110 dps), la altura de plantas difiere significativamente entre poblaciones ($P=0.0633$), siendo el mayor valor en 100 plantas por m^2 .

La mayor altura en 100 plantas por m^2 puede deberse a la mayor competencia de plantas por luz, llevando a que tengan que crecer en altura para poder captar luz.

Este resultado coincide con los obtenidos por Oliveira et al., citados por Santos et al. (2002), donde estudiaron diferentes densidades de siembra registrando un aumento significativo en la altura de plantas cuando se aumentó la densidad.

Por otra parte, en estudios realizados por algunos autores (Souza y Azevedo 1994, Crusciol et al. 1999a), los resultados fueron contradictorios.

Otros autores (Oliveira et al. 1977, Oliveira et al. 1998a) también mencionan que la altura de plantas disminuye al aumentar la densidad.

Algunos autores (Crusciol et al. 1998a, Crusciol et al. 2000, Santos et al. 2002), no encontraron diferencias significativas en la altura de plantas al cambiar las densidades de siembra.

4.4.2 Materia seca

En el cuadro No. 25, se presenta la materia seca durante el ciclo del cultivo para los tratamientos de riego.

Cuadro No. 25. Materia seca en megagramos por hectárea para los tratamientos de riego (promedio de población baja) a los 58 y 86 días post siembra.

	MS (Mg/ha) 58 dps	MS (Mg/ha) 86 dps
R0	2.9 (a)	6.1 (b)
R33	3.2 (a)	7.3 (b)
R66	4.3 (a)	6.9 (b)
R100	2.6 (a)	11.4 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

En la primer fecha (58 dps), la materia seca no difirió significativamente entre tratamientos de riego ($P=0.5713$). En cambio en la última fecha (86 dps), la materia seca difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P=0.0515$). El riego que presentó el mayor valor fue R100, mientras que el menor valor lo presentó R0, no difiriendo significativamente de R66 y R33.

En el cuadro No. 26, se presenta la materia seca en el último día del ciclo del cultivo para los tratamientos de riego.

Cuadro No. 26. Materia seca para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones) a los 141 días post siembra.

MS (Mg/ha) 141 dps	
R0	4.2 (b)
R33	6.3 (b)
R66	9.4 (a)
R100	8.6 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

La materia seca muestreada el día de la cosecha (141 dps) difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.0680$). Se observa que el mayor valor fue obtenido por R66 sin diferir de R100. En contraste el menor valor fue obtenido por R0, no observando diferencia significativa con R33.

Los máximos valores obtenidos por los tratamientos R66 y R100 podrían deberse al mayor consumo de agua principalmente en la etapa vegetativa.

En el cuadro No. 27, se presenta la materia seca en el último día del ciclo del cultivo para los tratamientos de población.

Cuadro No. 27. Materia seca para los tratamientos de población (promedio de riegos) a los 141 días post siembra.

MS (Mg/ha) 141 dps	
100	9.5 (a)
50	4.8 (b)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

La materia seca a los 141 días post siembra difiere significativamente entre poblaciones ($P = 0.0015$). Se puede observar que en 100 plantas por m^2 se presenta el mayor valor siendo significativamente superior al de 50 plantas por m^2 .

La mayor diferencia a favor de 100 plantas por m^2 puede deberse al mayor crecimiento en altura de la planta.

4.4.3 Índice de área foliar

En el cuadro No. 28, se presenta la evolución del IAF durante el ciclo del cultivo para los tratamientos de riego.

Cuadro No. 28. IAF para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones) a los 72, 86, 113 y 141 días post siembra.

	IAF 72 dps	IAF 86 dps	IAF 113 dps	IAF 141 dps
R0	1.30 (a)	1.02 (b)	1.66 (b)	
R33	1.75 (a)	1.68 (a)	2.93 (a)	2.36 (a)
R66	1.78 (a)	1.56 (a)	2.61 (a)	2.60 (a)
R100	1.75 (a)	1.73 (a)	2.97 (a)	2.65 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

En la primer fecha (72 dps), el índice de área foliar no difirió significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.2194$).

En la segunda fecha (86 dps), el índice de área foliar difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.0316$). El riego que presentó el mayor valor fue R100 sin diferir de R33 y de R66, mientras que el menor valor lo obtuvo R0 difiriendo de estos tratamientos.

En la tercer fecha (113 dps), el índice de área foliar difiere significativamente entre tratamientos de riego ($P = 0.0031$). El mayor valor lo obtuvo R100 sin diferir de R33 y R66, mientras que el menor valor lo obtuvo R0 difiriendo de estos tratamientos.

En la última fecha (141 dps), el índice de área foliar no difirió significativamente entre tratamientos con riego ($P = 0.8747$).

Cabe aclarar que en esta fecha no hay datos para el tratamiento R0 debido a que las plantas se encontraban secas, por lo tanto no se pudo medir.

Probablemente el mayor IAF en los tratamientos con riego, podría deberse al mayor consumo de agua con respecto al tratamiento sin riego. Se puede apreciar que el IAF a los 141 dps disminuyó con respecto a los 113 dps, posiblemente debido a la senescencia foliar.

Resultados similares logrados en el ensayo, fueron obtenidos por Santos y Costa (1997) en estado de floración. Donde los tratamientos con riego

presentaron mayor IAF que el tratamiento sin riego. Para estos autores la mayor disponibilidad de agua posibilita a las plantas a cubrir el espacio disponible con mayor rapidez, en comparación con las plantas sin riego, aprovechando de esta manera más eficientemente el terreno por mayor período de tiempo.

Estos mismos autores observaron un descenso del IAF luego de la etapa de floración lo que era esperable debido a que el área foliar verde disminuye por la senescencia de las hojas más viejas.

En el cuadro No. 29, se presenta la evolución del IAF durante el ciclo del cultivo para los tratamientos de población.

El índice de área foliar durante los 72, 86, 113 y 141 días post siembra difiere significativamente entre poblaciones ($P=0.0001$). Durante el ciclo del cultivo en 100 plantas por m^2 se presentó el mayor valor.

El mayor IAF en 100 plantas por m^2 podría deberse a la mayor densidad por área.

Cuadro No. 29. IAF para los tratamientos de población (promedio de riegos) a los 72, 86, 113 y 141 días post siembra.

	IAF 72 dps	IAF 86 dps	IAF 113 dps	IAF 141 dps
100	2.16 (a)	1.93 (a)	3.34 (a)	3.34 (a)
50	1.13 (b)	1.07 (b)	1.74 (b)	1.73 (b)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P<0.10$).

Santos y Costa (1997), mencionan que en tratamientos con mayor densidad de siembra el valor máximo de IAF ocurrió hasta 6 días antes de los índices obtenidos en tratamiento con menor densidad. Para estos investigadores, esto puede atribuirse a la excesiva competencia existente en poblaciones más densas.

4.4.4 Rendimiento en grano

En la figura No. 8, se presenta el rendimiento para los tratamientos de riego.

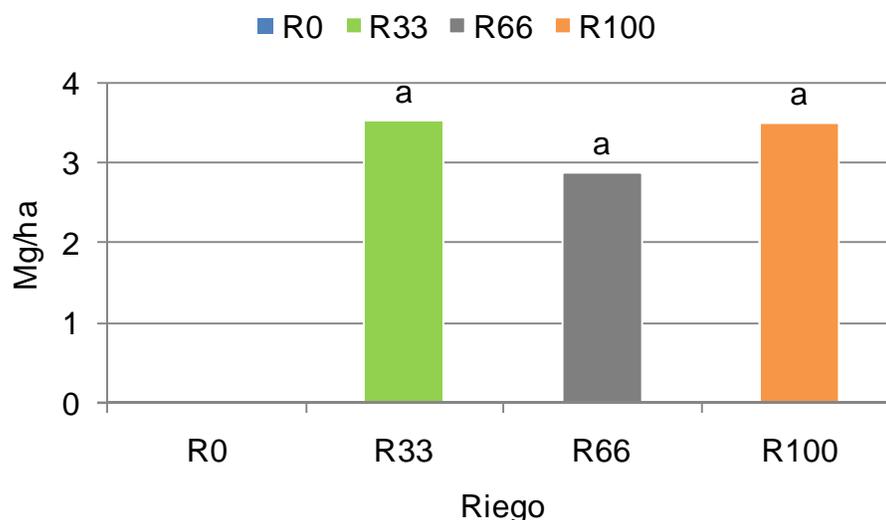


Figura No. 8. Rendimiento en grano limpio para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones).

Para el rendimiento se observan diferencias significativas entre tratamientos de riego ($P=0.0007$). El tratamiento R33 presentó el mayor rendimiento, no observando diferencia significativa con R100 y R66. Dentro de estos, el tratamiento R66 presentó el menor rendimiento, siendo en promedio 18% inferior. El contraste fue el tratamiento R0 presentando cero rendimiento, difiriendo significativamente de los demás tratamientos.

Esta diferencia en rendimiento se debe al menor consumo de agua en el tratamiento R0, lo cual retrajo el ciclo terminando en estado de primordio.

Crusciol et al. (2003d) obtuvieron mayor rendimiento en los tratamientos con riego. Manzan, citado por Crusciol et al. (2003e) registró aumentos de 70% en rendimiento en sistemas de riego comparado con el sistema de secano. En otro estudio, Rodrigues et al. (2004) observaron que en los dos tratamientos de riego el rendimiento fue 91% en promedio superior al tratamiento sin riego. Para Akinbile et al. (2007) el aumento del rendimiento tiene una relación lineal con respecto a la cantidad de agua aplicada.

En la figura No. 9, se presenta el rendimiento para los tratamientos de población.

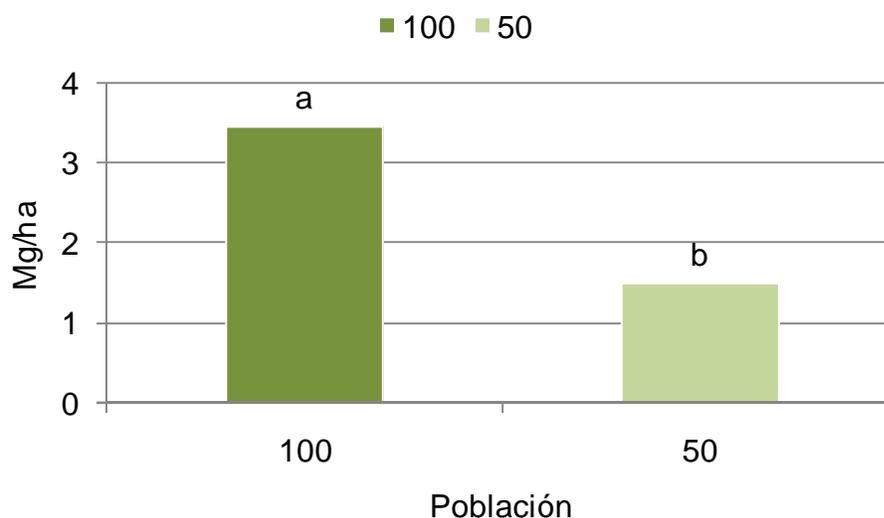


Figura No. 9. Rendimiento en grano limpio para los tratamientos de población (promedio de riegos).

Como se puede observar el rendimiento difiere significativamente entre poblaciones ($P=0.0003$). En 100 plantas por m^2 se obtuvo una marcada diferencia con respecto a 50 plantas por m^2 , superando a esta en 57%.

Resultados contradictorios fueron obtenidos al estudiar diferentes densidades de siembra, observándose que el rendimiento disminuyó cuando se aumentó la densidad (Oliveira et al. 1977, Guimarães et al. 2006).

Para Oliveira et al. (1977) esto se asocia al menor número de granos llenos por panoja observado en la mayor densidad, lo que demuestra que existió una mayor competencia entre plantas.

Para Guimarães et al. (2006) el menor rendimiento obtenido en la mayor densidad de siembra ($340 \text{ pl}/m^2$), se debe al menor número de granos totales por panoja y al menor peso de granos, provocado por el auto sombreado que reduce la actividad fotosintética de las plantas.

En cambio otros autores (Crusciol et al. 2000, Marques et al. 2003), no registraron diferencias significativas en rendimiento cuando se cambiaron las densidades de siembra.

En la figura No. 10, se presenta el rendimiento para los tratamientos de población y riego.

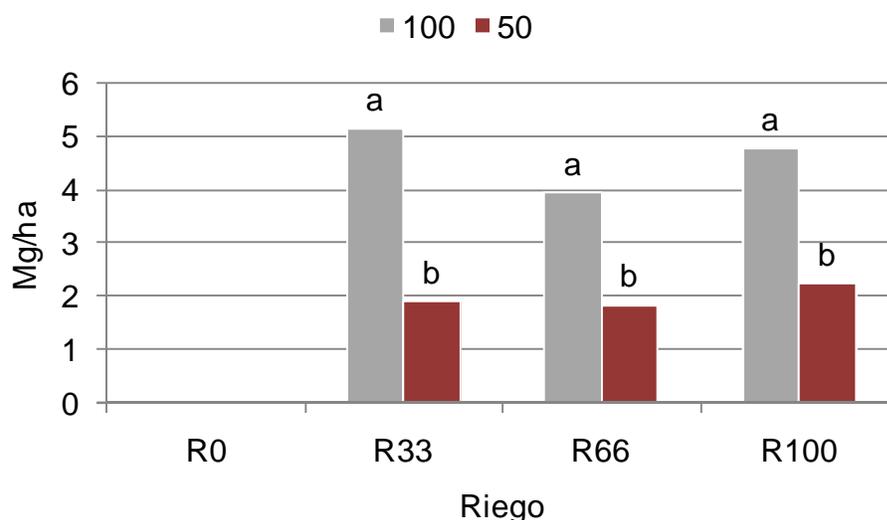


Figura No. 10. Rendimiento en grano limpio para los tratamientos de riego y población.

Para el rendimiento se detectaron diferencias significativas entre poblaciones dentro de los tratamientos de riego ($P=0.0374$). En 100 plantas por m^2 hubo superioridad al de 50 plantas por m^2 en los tratamientos con riego. Dentro de estos, el máximo valor para 100 plantas por m^2 fue en R33 y el mínimo fue en R66. Mientras que el máximo valor en 50 plantas por m^2 fue en R100 y el mínimo fue en R66. Por otro lado, se puede apreciar que el tratamiento sin riego obtuvo cero rendimiento debido a que el máximo estado alcanzado fue primordio.

4.4.4.1 Componentes de rendimiento

En el cuadro No. 30, se presentan los componentes de rendimiento para los tratamientos de riego.

Cuadro No. 30. Componentes de rendimiento para los tratamientos de riego (promedio de poblaciones).

	No. Panojas/ m^2	No. G. llenos/panoja	Peso mil granos (gr)
R0	0 (b)		
R33	232 (a)	50 (a)	28.6 (a)
R66	207 (a)	47 (a)	29.9 (a)
R100	238 (a)	51 (a)	29.0 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P<0.10$).

La variable panojas por m² presenta diferencias significativas entre tratamientos de riego (P=0.0002). El tratamiento R100 obtuvo el mayor valor seguido por R33, y luego por R66, no observando diferencia significativa entre estos. La diferencia de R66 con respecto a R100 y R33 fue en promedio 11.9% inferior. El contraste fue R0, el cual obtuvo cero panojas por m² difiriendo significativamente de los demás tratamientos. El menor consumo de agua en R0 retrajo el ciclo terminando en estado de primordio, no llegando a formar panojas.

Para la variable granos llenos por panoja no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con riego (P=0.7004).

Por otro lado para la variable peso de mil granos, tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con riego (P=0.3633).

Cabe aclarar que no hay datos para las variables granos llenos por panoja y peso de mil granos en el tratamiento R0, debido a que el máximo estado alcanzado fue primordio.

El mayor rendimiento en los tratamientos que tuvieron riego se debe a la superioridad en panojas por m², granos llenos por panoja y peso de mil granos, como resultado de un mayor consumo de agua. Mientras que el cero rendimiento en el tratamiento sin riego, se debe al menor consumo de agua, lo que retrajo el ciclo terminando en estado de primordio.

En cuanto a panojas por m², Crusciol et al. (2003e) observaron que no difirieron significativamente entre los tratamientos con y sin riego. Para el número de granos totales no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin riego, aunque existió una tendencia superior en los tratamientos con riego. Rodrigues et al. (2004) evaluaron diferentes manejos de agua y observaron que el manejo 1 obtuvo el mayor número de granos totales por panoja, difiriendo significativamente con el tratamiento sin riego. En cambio Crusciol et al. (2003d) haciendo referencia al número de granos totales por panoja, reportaron que el tratamiento en seco presentó el mayor valor, el cual fue un 9.1% superior a los tratamientos con riego.

Por otro lado, Thomas et al. (2003) en un experimento con dos láminas de riego, observaron que las panojas obtenidas en condiciones de seco tuvieron un alto porcentaje de espiguillas estériles, siendo el porcentaje de granos vacíos 44% superior a los tratamientos con riego. En Nigeria, Akinbile et al. (2007) en un experimento de riego observaron un menor porcentaje de granos vacíos a medida que aumentó el consumo de agua por los tratamientos.

En referencia al peso de 1000 granos, Crusciol et al. (2003d) no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin riego. En cambio Rodrigues et al. (2004), reportaron que el tratamiento sin riego presentó menor peso, difiriendo significativamente de los tratamientos con riego.

En el cuadro No. 31, se presentan los componentes de rendimiento para los tratamientos de población.

Cuadro No. 31. Componentes de rendimiento para los tratamientos de población (promedio de riegos).

	No. Panojas/m ²	No. G. llenos/panoja	Peso mil granos (gr)
100	232 (a)	50 (a)	29.8 (a)
50	106 (b)	49 (a)	28.6 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

Se puede observar que la variable panojas por m² difiere significativamente entre poblaciones ($P = 0.0001$). En 100 plantas por m² se presenta el máximo valor superando al de 50 plantas por m² en 54.3%.

Para la variable granos llenos por panoja no se encontraron diferencias significativas entre poblaciones ($P = 0.6710$).

Para la variable peso de mil granos tampoco se encontraron diferencias significativas entre poblaciones ($P = 0.1223$).

El mayor rendimiento en 100 plantas por m² puede deberse a la significativa superioridad en panojas por m².

Carvalho et al. (2008) reportaron que el número de panojas por m² responde positivamente a la densidad de siembra hasta un valor máximo de 81 y 94 semillas por m lineal.

Algunos autores (Crusciol et al. 2000, Soares, citado por Carvalho et al. 2008) observaron una disminución en el número total de granos cuando se aumentó la densidad de siembra, ajustándose estos resultados a una función lineal negativa. Esta disminución puede ser explicada por la competencia por luz y agua entre plantas, cuando se aumenta la densidad (Crusciol et al., 2000). Otro factor posible es que el mayor número de plantas por área tiende a reducir el tamaño de la panoja (Soares, citado por Carvalho et al., 2008). En cambio

Santos et al. (2002) obtuvieron resultados diferentes, los mismos no encontraron diferencias en el número total de granos por panoja cuando se varió la densidad.

Por otro lado, haciendo referencia al número de granos llenos por panoja, otros autores (Santos et al. 2002, Carvalho et al. 2008) reportaron resultados similares al ensayo, mencionando que esta variable no es afectada por el cambio en la densidad de siembra. En cambio Oliveira et al. (1998a) observaron que las menores densidades obtuvieron el mayor número de granos llenos por panoja. Estos mismos autores reportaron que el número de granos vacíos disminuye cuando se aumenta la densidad.

En cuanto al peso de las mil semillas, Santos et al. (2002) no encontraron diferencias estadísticas cuando se cambió la densidad.

En el cuadro No. 32, se presentan los componentes de rendimiento para los tratamientos de población y riego.

Cuadro No. 32. Componentes de rendimiento para los tratamientos de riego y población.

	No. Panojas/m ²	No. G. llenos/panoja	Peso mil granos (gr)
R0*100	0		
R0*50	0		
R33*100	315 (a)	54 (a)	30.1 (a)
R33*50	149 (b)	46 (a)	27.1 (a)
R66*100	286 (a)	46 (a)	30.0 (a)
R66*50	128 (b)	49 (a)	29.7 (a)
R100*100	326 (a)	50 (a)	29.2 (a)
R100*50	149 (b)	52 (a)	28.9 (a)

Nota: valores seguidos de la misma letra en la columna entre un mismo tratamiento de riego no difieren significativamente entre sí ($P < 0.10$).

Para la variable panojas por m² se encontraron diferencias significativas entre poblaciones dentro de los tratamientos de riego ($P = 0.0170$). En 100 plantas por m² hubo superioridad al de 50 plantas por m² en los tratamientos con riego. Dentro de estos, el máximo valor para 100 plantas por m² fue en R100 y el mínimo fue en R66. En cambio en 50 plantas por m² el máximo valor fue en R100 y R33, mientras que el mínimo fue en R66. Se puede observar también que el tratamiento sin riego presentó cero panojas, debido a que el máximo estado alcanzado fue primordio.

Para la variable granos llenos por panoja no se detectaron diferencias significativas entre poblaciones dentro de los tratamientos con riego ($P=0.1563$).

Por otro lado, para la variable peso de mil granos tampoco se detectaron diferencias significativas entre poblaciones dentro de los tratamientos con riego ($P=0.2329$).

Como se mencionó anteriormente no hay datos para las variables granos llenos por panoja y peso de mil de granos en el tratamiento R0, debido a que el máximo estado alcanzado fue primordio.

El mayor rendimiento en 100 plantas por m^2 en los tratamientos que tuvieron riego, puede deberse a la significativa superioridad en panojas por m^2 .

4.4.5 Eficiencia de uso de agua

En la figura No. 11, se presentan los valores de eficiencia de uso del agua recibida, o sea los kilogramos de grano obtenidos por metro cúbico de agua recibida (riego + precipitaciones).

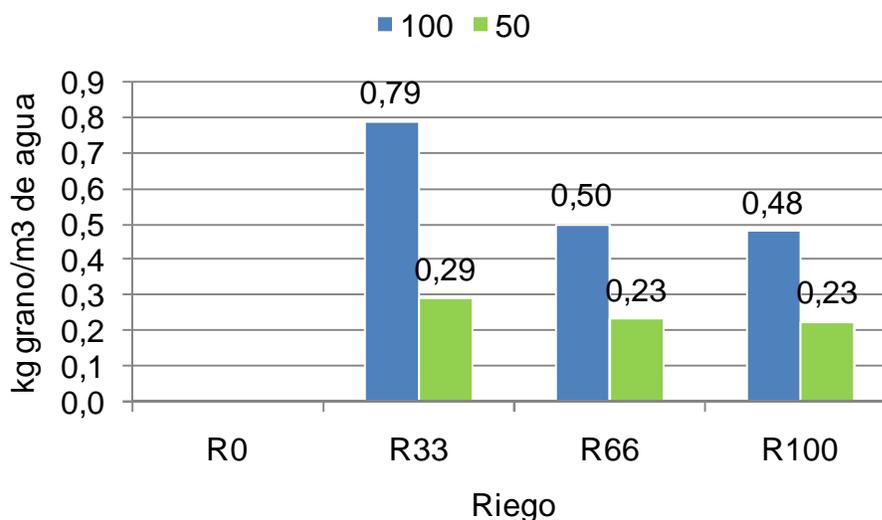


Figura No. 11. Relación de conversión grano/agua recibida en tratamientos de riego y población.

Se puede observar que el tratamiento 100 (R33) presenta el máximo valor 0.787 kg de grano/ m^3 de agua, en cambio para los tratamientos 100 (R66) y 100 (R100) los valores son de 0.500 y 0.478 kg de grano/ m^3 de agua respectivamente. Por otro lado se observa que en los tratamientos 50 (R33), 50

(R66) y 50 (R100) los valores son de 0.290, 0.233 y 0.226 kg de grano/m³ de agua respectivamente.

En general se puede observar que los tratamientos de 100 plantas por m² combinados con riego, tienen la máxima eficiencia en el uso del agua. Otra observación es con respecto a la tendencia de la eficiencia, la cual disminuye con el aumento de la frecuencia del riego, tanto en 100 plantas por m² como en 50.

5. CONCLUSIONES

Se obtuvieron bajos rendimientos de grano limpio. Los tratamientos de riego tuvieron diferencias significativas en rendimiento en grano. Los que tuvieron riego difirieron con respecto al sin riego, el cual obtuvo cero rendimiento.

Los tratamientos de población tuvieron diferencias significativas en rendimiento en grano, presentando el mayor rendimiento el de 100 plantas por m² con respecto al de 50 plantas por m². Para la variable panojas por m² se observó diferencias significativas, siendo el mayor valor en 100 plantas por m².

La altura de plantas a los 77, 96 y 110 dps difiere significativamente entre tratamientos de riego. El mayor valor lo presentan los tratamientos con riego.

La MS a los 58 dps no difirió significativamente entre tratamientos de riego, en cambio si difirió a los 86 dps, presentando R100 el mayor valor. A los 141 dps hubo diferencias significativas entre tratamientos de riego, donde los tratamientos R66 y R100 tuvieron la mayor MS.

Al observar en los tratamientos de riego y población, la eficiencia de uso del agua recibida (riego + precipitaciones), o sea los kg de granos obtenidos por m³ de agua recibida, se puede determinar que la mayor eficiencia en los tratamientos de riego se da en R33, independientemente de la población.

6. RESUMEN

El cultivo de arroz en Uruguay se realiza en su totalidad bajo riego por inundación, este riego depende de fuentes de agua como ríos, arroyos, lagunas y represas. En los últimos años en la zona Norte las represas han sido afectadas por la variabilidad climática, donde el fenómeno de la niña provoca niveles de precipitaciones menores a lo normal, llevando a que la recarga de agua limite el potencial de área a sembrar. Además existe la limitante de mayor gasto de agua como consecuencia del buen drenaje de los suelos. Por esto, se considera que la producción de arroz en la zona Norte tendría que ser más eficiente en el uso del agua. La utilización de variedades de arroz de secano podrían cumplir con este requisito, haciendo necesario un mejor manejo del agua de riego. La información nacional publicada es nula sobre este aspecto, lo cual se planteo la necesidad de generar información en estos sistemas de producción. Por tal motivo, los objetivos planteados en el presente trabajo son: evaluar el efecto de diferentes manejos del agua de riego y densidades de plantas sobre el rendimiento del cultivo de arroz de secano cv. Gardel. Evaluar el comportamiento morfo-fisiológico del cultivo de arroz y los componentes del rendimiento final de grano. El diseño experimental fue el de parcelas divididas con tres repeticiones. En la parcela mayor de riego, los tratamientos fueron: 0% ETm (R0), 33% ETm (R33), 66% ETm (R66) y 100% ETm (R100). En la parcela menor de población los tratamientos fueron: población baja (100 plantas por m²) y población muy baja (50 plantas por m²). En el experimento se determinó la altura de plantas, materia seca, índice de área foliar, rendimiento y componentes de rendimiento. El consumo de agua total (riego + precipitaciones) presentó el menor valor en R33 dentro de los tratamientos que tuvieron riego. En cuanto al consumo de agua de riego en relación a la demanda del cultivo, se observó que el mayor consumo fue en R33 y por ende la menor eficiencia en aplicación del agua de riego. Para la eficiencia de uso del agua recibida (riego + precipitaciones) se observó que en los tratamientos de riego la mayor eficiencia fue en R33. En cambio en los tratamientos de población la mayor eficiencia fue en 100 plantas por m². En los tratamientos de riego se encontraron diferencias de rendimiento en grano, presentando los mayores valores los tratamientos con riego. En cuanto a panojas por m² también se detectaron diferencias, siendo mayor en los tratamientos con riego. El IAF presentó diferencias a los 86 y 113 dps siendo mayor en los tratamientos con riego. La MS en 100 plantas por m² difirió entre tratamientos de riego a los 86 dps, presentando R100 el mayor valor. A los 141 dps se registraron diferencias en donde R66 y R100 presentaron el mayor valor de MS. La altura de plantas a los 77, 96 y 110 dps difirió entre tratamientos de riego, presentándose el mayor valor en los tratamientos con riego. Para los tratamientos de población se observó el mayor rendimiento en 100 plantas por m² difiriendo de 50 plantas por m². En panojas por m² también se encontraron

diferencias, siendo el mayor valor en 100 plantas por m^2 . El IAF a los 72, 86, 113 y 141 dps fue mayor en 100 plantas por m^2 difiriendo de 50 plantas por m^2 . La MS a los 141 dps también fue mayor en 100 plantas por m^2 difiriendo de 50 plantas por m^2 . En cuanto a la altura de plantas a los 77, 96 y 110 dps se observaron diferencias, obteniéndose los mayores valores en 100 plantas por m^2 .

Palabras clave: Arroz de seco; Manejo del agua; Lámina de riego; Evapotranspiración; IAF; Población; Rendimiento.

7. SUMMARY

The rice production in Uruguay is carried out mainly under flood irrigation, this irrigation comes from sources such as rivers, lakes, streams and dams. During the last years the dams in the North part of the country have been affected by the climate change, better known as “La Niña”, which has caused smaller levels of rainfalls than the normal. As a result, the area to be sown had to be limited due to the reduction in water charge. Apart from that, the good soil drainage is also a limiting factor as it demands more water usage. These reasons make clear that rice production in the North part of the country must be more efficient in water management. Using upland rice varieties could meet these requirements, making necessary a better water management. In our country nothing has been published concerning this issue, so it was necessary to generate some information. This research aimed to evaluate the effect of different kinds of irrigated water management and population on the yield of an upland rice variety (Gardel). Also to evaluate the morphophysiological behavior of the rice production and the yield components of the final grain. The experimental design consisted of plots divided in three replications. In the biggest irrigated plot the treatments were with: 0% ETm (R0), 33% ETm (R33), 66% ETm (R66) and 100% ETm (R100). In the smallest plot the population treatments were: low population (100 plants per m²) and very low population (50 plants per m²). In the experiment, plant height, dry matter (DM), leaf area index (LAI) yield and yield components were studied. The total water consumption (irrigation + rainfall) showed the lowest value in R33 within the irrigated treatments. Considering the irrigation water consumption in relation to the crop demand, it was observed that the highest water demand was of R33 and therefore the least efficient in water applied. Concerning water management (irrigation + rainfall), it was observed that in the irrigated treatments the most efficient was R33. Among the population treatment the most efficient was registered in the 100 plants per m². In the irrigated treatments differences in the grain yield were found, displaying the highest values the irrigated ones. In panicles per m² some differences were registered, being the highest in the irrigated treatments. The LAI presented some differences between 86 and 113 DAS (days after sowing) being the highest in the irrigated treatments. The DM in 100 plants per m² differed among the irrigated treatments in the 86 DAS, whereas R100 had the highest value. 141 DAS some differences were observed, whereas R66 and R100 presented the highest value of DM. The plant height at 77, 96 and 110 DAS differed among the irrigated treatments, the highest values were seen in the irrigated treatments. In the population treatments the highest yield was observed in 100 plants per m² differing from the ones with 50 plants per m². In panicles per m² some differences were found, whereas highest values were observed in 100 plants per m². The LAI at 72, 86, 113 and 141 DAS was higher in the treatment of 100 plants per m², being

different from the ones with 50 plants per m². The DM at 141 DAS was also higher in 100 plants per m², being the last one different from the one with 50 plants per m². Concerning plant height at 77, 96 and 110 DAS differences were observed, having the highest values the ones in 100 plants per m².

Key words: Upland rice; Water management; Levels of water; Evapotranspiration; LAI; Population; Yield.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AKINBILE, C.O.; SANGODOYIN, A.Y.; AKINTAYO, I.; NWILENE, F.E.; FUTAKUCHI, K. 2007. Growth and yield responses of upland rice (Nerica 2) under different water regimes in Ibadan, Nigeria. (en línea). Research Journal of Agronomy. 1(2): 71-75. Consultado 5 dic. 2008. Disponible en <http://www.medwelljournals.com/fulltext/rja/2007/71-75.pdf>

2. ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. DE; CRUSCIOL, C.A.C. 2001. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 36(6): 871-879. Consultado 19 mar. 2007. Disponible en <http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab2001/junho/pab0871.pdf>

3. _____.; _____.; _____.; _____.; PEREIRA, J.C.R. 2002. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. (en línea). Scientia Agrícola. 59(2): 321-326. Consultado 19 mar. 2007. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n2/8928.pdf>

4. _____.; NAKAYAMA, F.T.; KAMIMURA, K.M.; OI, W.M.; FONSECA, A.E.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; ALVES, M.C. 2006. Preparo do solo, manejo de água e adubação nitrogenada em cobertura no desenvolvimento e produtividade do arroz de terras altas. (en línea). In: Congresso Brasileiro da Cadeia Produtiva de Arroz (2o.), Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (8a., 2006, Brasília, DF). Anais. Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. s.p. (Serie Documentos on-line no. 196). Consultado 12 mar. 2009. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_196/trabalhos/CBC-TRAB_24-1.pdf

5. BÖCKING, B.; FINOZZI, G.; SILVEIRA, P.; BANDEIRA, S.; CARNELLI, J.P. 2005. Riego de arroz por inundación intermitente. In: Arroz; resultados experimentales 2004-2005. Tacuarembó, INIA. p. irr. (Actividades de Difusión no. 421).

6. CARNELLI, J.; GARCÍA, C. 2006. Planificación de caudales de riego para chacra de arroz. (en línea). In: Arroz; resultados experimentales 2005-2006. Tacuarembó, INIA. p. irr. (Documentos Online no. 102). Consultado 9 feb. 2007. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/dol/dol_110.pdf

7. CARVALHO, J.A.; SOARES, A.A.; REIS, M.S. 2008. Efeito de espaçamento e densidade de semeadura sobre a produtividade e os componentes de produção da cultivar de arroz BRSMG Conai. (em línea). *Ciência e Agrotecnologia*. 32(3): 785-791. Consultado 27 set. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n3/a12v32n3.pdf>
8. CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. 1998a. Desenvolvimento das plantas em função do espaçamento entre fileiras e da densidade de semeadura em arroz irrigado por aspersão. (em línea). *In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 21-24. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponível em http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf*
9. _____.; _____.; _____.; _____. 1998b. Nutrição, absorção e exportação de nutrientes em função de lâminas de água em arroz irrigado por aspersão. (em línea). *In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 79-82. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponível em http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf*
10. _____.; _____.; _____.; _____. 1998c. Produção de matéria seca e desenvolvimento da planta em função de lâminas de água em arroz irrigado por aspersão. (em línea). *In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 76-78. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponível em http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf*
11. _____.; _____.; _____.; _____. 1998d. Produção de matéria seca e nutrição do arroz, cv. IAC 201, em função do espaçamento entre fileiras e da densidade de semeadura, sob irrigação por aspersão. (em línea). *In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA*

- Arroz e Feijão. pp. 25-28. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponível em http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf
12. _____.; _____.; _____.; _____. 1998e. Produtividade de grãos, componentes da produção e fenologia da planta em função de lâminas de água em arroz irrigado por aspersão. (en línea). In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 83-85. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponível em http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf
13. _____.; _____.; _____.; _____. 1999a. Componentes de produção e produtividade de grãos de arroz de sequeiro em função do espaçamento e da densidade de semeadura. (en línea). Scientia Agrícola. 56(1): 53-62. Consultado 26 ago. 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100009&Ing=pt&nrm=iso
14. _____.; _____.; _____.; _____. 1999b. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta. (en línea). Scientia Agrícola. 56(1): 63-70. Consultado 26 ago. 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100010&Ing=pt&nrm=iso
15. _____.; _____.; _____.; _____. 1999c. Rendimento de benefício e de grãos inteiros em função do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro. (en línea). Scientia Agrícola. 56(1): 47-52. Consultado 26 ago. 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100008&Ing=pt&nrm=iso
16. _____.; _____.; _____.; _____. 2000. Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 35(6): 1093-1100. Consultado 19 may. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n6/4663.pdf>

17. _____.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; ANDREOTTI, M. 2002. Exportação de nutrientes e qualidade industrial de grãos do arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e do espaçamento entre fileiras. (em línea). *Agronomia*. 36(1/2): 17-22. Consultado 19 mar. 2007. Disponible en http://www.ia.ufrj.br/revista/artigos/2002-12/20_19.pdf
18. _____.; ARF, O.; SORATTO, R.P.; ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, R.A.F. 2003a. Absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em função de lâminas de água aplicadas por aspersão. (em línea). *Agronomy*. 25(1): 97-102. Consultado 5 mar. 2009. Disponible en <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewPDFInterstitial/2454/1637>
19. _____.; _____.; _____.; MACHADO, J.R. 2003b. Extração de macronutrientes pelo arroz de terras altas sob diferentes níveis de irrigação por aspersão e de adubação. (em línea). *Revista Brasileira Agrociência*. 9(2): 145-150. Consultado 4 mar. 2007. Disponible en <http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v9n2/artigo10.pdf>
20. _____.; _____.; _____.; _____. 2003c. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. (em línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27(4): 647-654. Consultado 21 may. 2007. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a09v27n4.pdf>
21. _____.; _____.; SORATTO, R.P.; ANDREOTTI, M. 2003d. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras. (em línea). *Agronomia*. 37(1): 10-15. Consultado 4 mar. 2007. Disponible en http://www.ia.ufrj.br/revista/artigos/2003-1/22_33.pdf
22. _____.; _____.; _____.; _____.; RODRIGUES, R.A.F. 2003e. Produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas em função de lâminas de água no sistema irrigado por aspersão. (em línea). *Agronomy*. 25(1): 125-130. Consultado 4 set. 2008. Disponible en <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewPDFInterstitial/2461/1641>
23. _____.; _____.; _____.; MACHADO, J.R. 2003f. Qualidade industrial e teores de nutrientes dos grãos do arroz de terras altas sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral. (em línea).

Agronomy. 25(2): 409-415. Consultado 4 set. 2008. Disponible en <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2050/1607>

24. _____.; _____.; _____.; MATEUS, G.P. 2008. Grain quality of upland rice cultivars in response to cropping systems in the brazilian tropical savanna. (en línea). Scientia Agrícola. 65(5): 468-473. Consultado 18 dic. 2008. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/sa/v65n5/a04v65n5.pdf>
25. DE DATTA, S.K.; VERGARA, B.S. 1975a. Climates of upland rice regions. (en línea). In: Major research in upland rice. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 14-26. Consultado 7 feb. 2009. Disponible en <http://www.knowledgebank.irri.org/uplandRice/majorResUpland.pdf>
26. _____.; FEUER, R. 1975b. Soils on which upland rice is grown. (en línea). In: Major research in upland rice. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 27-39. Consultado 7 feb. 2009. Disponible en <http://www.knowledgebank.irri.org/uplandRice/majorResUpland.pdf>
27. _____. 1975c. Upland rice around the world. (en línea). In: Major research in upland rice. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 1-11. Consultado 7 feb. 2009. Disponible en <http://www.knowledgebank.irri.org/uplandRice/majorResUpland.pdf>
28. FAGERIA, N.K. 1983. Manejo químico do solo. In: Simpósio sobre a Cultura do Arroz de Sequeiro (1o., 1983, Jaboticabal, SP). Cultura do arroz de sequeiro; fatores afetando a produtividade. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato. pp. 239-260.
29. FERRAZ, E.C. 1983. Fisiologia da cultura do arroz. In: Simpósio sobre a Cultura do Arroz de Sequeiro (1o., 1983, Jaboticabal, SP). Cultura do arroz de sequeiro; fatores afetando a produtividade. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato. pp. 77-94.
30. FONSECA, J.R.; CASTRO, E.M. DE; MORAIS, O.P. DE. 2004. Descritores morfo agronômicos e fenológicos de cultivares comerciais de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas. (en línea). Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 1-27. (Documentos no. 162). Consultado 9 oct. 2008. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_162.pdf

31. _____.; MORAIS, O.P. DE; CUTRIM, V.A.; RANGEL, P.H.N.; BRESEGHELLO, F.; SOARES, A.A.; CASTRO, E.M. DE. 2007. Características morfo agronômicas e fenológicas de cultivares comerciais de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas e irrigado. (en línea). Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 1-32. (Documentos no. 209). Consultado 9 oct. 2008. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_209.pdf
32. GAMARRA, G.; 1996. Arroz; manual de producción. Montevideo, Hemisferio Sur. 440 p.
33. GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; RAMALHO, A.R.; BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E.M. DE. 2002. Espaçamento entre fileiras e densidade de sementes para a cultivar de arroz BRS Bonança em Vilhena - RO. (en línea). In: Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz (1o.), Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (7a., 2002, Florianópolis, SC). Anais. Santo Antonio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 350-352. (Documentos no. 134). Consultado 12 mar. 2009. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_134.pdf
34. GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; SILVA, F.X. 2003. Espaçamento entre linhas para o arroz de terras altas com arquitetura de planta moderna. (en línea). Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 1-4. (Comunicado Técnico no. 67). Consultado 16 may. 2007. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/comunicadotec/comt_67.pdf
35. GUIMARÃES, R.R.; MORAES, E.R. DE; MARTINS, B.C.; TEIXEIRA, I.R.; ZUCHI, M.R. 2006. Comportamento de cultivares de arroz de terras altas submetidas a diferentes densidades de semeadura. (en línea). In: Seminário de Iniciação Científica (4o., 2006, Anápolis, GO). Trabalhos apresentados. Anápolis, GO, UEG. pp. 41-46. Consultado 27 set. 2008. Disponible en http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic_cien/eventos/sic2006/arquivos/agrarias/comportamento_cultivares_arroz.pdf
36. MALAVOLTA, E.; FILHO, D.F. 1983. Nutrição mineral da cultura do arroz. In: Simpósio sobre a Cultura do Arroz de Sequeiro (1o., 1983, Jaboticabal, SP). Cultura do arroz de sequeiro; fatores afetando a produtividade. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato. pp. 95-143.

37. MARCO, M.; MARELLA, M. 2006. Rendimiento del cultivo de arroz bajo los sistemas de riego inundación continua e inundación intermitente y respuesta a la fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 65 p.
38. MARQUES, J.B.B.; FLORES, J.A.M.; SAUCEDA, I.S. 2003. Desempenho de cultivares de arroz de sequeiro em duas densidades de semeadura em Uruguiana, RS. (en línea). In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (3o., 2003, Balneário Camboriú, SC). Anais. Itajaí, SC, EPAGRI. pp. 241-243. Consultado 4 oct. 2008. Disponible en <http://www.sosbai.com.br/docs/Praticas.pdf>
39. MORAIS, O.P. DE; SANT'ANA, E.P.; CHATEL, M.; PRABHU, A.S.; CASTRO, E.M. DE. 1983. Melhoramento genético voltado para a cultura do arroz de sequeiro. In: Simpósio sobre a Cultura do Arroz de Sequeiro (1o., 1983, Jaboticabal, SP). Cultura do arroz de sequeiro; fatores afetando a produtividade. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato. pp. 145-178.
40. OLIVEIRA, A.B. DE; BRANDÃO, S.S.; CONDÉ, A.R.; GIUDICE, R.M. DEL. 1977. Espaçamento entre fileiras e densidade de plantio em dois cultivares de arroz, sob irrigação por aspersão. Revista Ceres. 24(135): 427-444.
41. OLIVEIRA, G.S.; ARF, O.; SÁ, M.E. DE; RODRIGUES, R.A.F. 1998a. Efeito de espaçamentos e densidades de semeadura no comportamento de cultivares de arroz de sequeiro, irrigados por aspersão. (en línea). Revista Brasileira de Sementes. 20(2): 187-193. Consultado 19 may. 2007. Disponible en <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1998/v20n2/artigo31.pdf>
42. _____.; _____.; _____.; _____. 1998b. Efeito de espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de cultivares de arroz de sequeiro irrigado por aspersão; I. Características agrônômicas. (en línea). In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 46-48. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf

43. _____.; _____.; _____.; _____. 1998c. Efeito de espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de cultivares de arroz de sequeiro irrigado por aspersão; II. Componentes do rendimento de engenho. (en línea). In: Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (6a., 1998, Goiânia, GO). Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas. Goiânia, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 49-52. (Documentos no. 85). Consultado 9 mar. 2009. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_85.pdf
44. PEREIRA, J.A.; SOBRINHO, J.T.; BELTRÃO, N.E.M. 1994. Respostas de cultivares tradicionais e melhoradas de arroz de sequeiro a diferentes níveis de umidade. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 29(6): 857-865. Consultado 23 nov. 2008. Disponible en http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab1994/junho/pab05_jun_94.pdf
45. _____.; MORAIS, O.P. DE; CASTRO, E.M. DE. 1999. Melhoramento genético do arroz de sequeiro no Nordeste do Brasil. (en línea). In: Queiróz, M.A. de; Goedert, C.O.; Ramos, S.R.R. eds. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina, PE, EMBRAPA. s.p. Consultado 12 dic. 2008. Disponible en <http://www.cnpaf.embrapa.br/catalogo/livrorg/arrozsequeiro.pdf>
46. PINHEIRO, B.S. 2005. Uma história dedicada ao arroz no coração do Brasil. (en línea). Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. s.p. Consultado 5 jun. 2006. Disponible en <http://www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2005/050829.htm>
47. RODRIGUES, R.A.F.; SORATTO, R.P.; ARF, O. 2004. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. (en línea). Engenharia Agrícola. 24(3): 546-556. Consultado 4 mar. 2007. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n3/a07v24n3.pdf>
48. SANTOS, A.B. DOS; COSTA, J.D. 1997. Crescimento de arroz de sequeiro em diferentes populações e irrigação suplementar. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 32(6): 591-599. Consultado 16 may. 2007. Disponible en [http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/1770a78fe96fd5fd032564cd004a56df/f9dcf843ea831ba0032565c70040ad71/\\$FILE/pab174_94.doc](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/1770a78fe96fd5fd032564cd004a56df/f9dcf843ea831ba0032565c70040ad71/$FILE/pab174_94.doc)

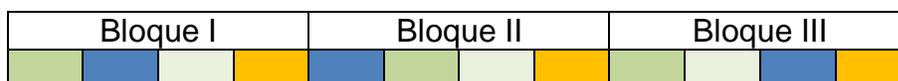
49. SANTOS, P.G.; CASTRO, A.P. DE; SOARES, A.A.; CORNÉLIO, V.M.O. 2002. Efeito do espaçamento e densidade de semeadura sobre a produção de arroz de terras altas irrigado por aspersão. (en línea). Ciência e Agrotecnologia. 26(3): 480-487. Consultado 4 mar. 2007. Disponible en http://www.editora.ufla.br/revista/26_3/art05.PDF
50. SOARES, A.A.; VIEIRA, A.R.; SOUZA, A.F. DE; CASTRO, E.M. DE; SANT'ANA, E.P.; FAÇANHA, J.B.; SOUZA, M.A. DE; REIS, M.S.; MORAIS, O.P. DE; SOARES, P.C.; CORNÉLIO, V.M.O. 1996. Canastra e Confiança; arroz agulhinha para plantio em condições de sequeiro e sob pivô central. (en línea). Minas Gerais, MG, EPAMIG/UFLA/EMBRAPA/UFV. s.p. Consultado 19 feb. 2009. Disponible en <http://www.cnpaf.embrapa.br/arroz/folderes/canastra.pdf>
51. SOUZA, A.F. DE; AZEVEDO, S.M. DE. 1994. Influência do espaçamento e densidade de semeadura na cultura do arroz sob irrigação por aspersão (Pivô central). (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 29(12): 1969-1972. Consultado 19 may. 2007. Disponible en http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab1994/dezembro/pab18_dez_9_4.pdf
52. STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. 1994. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão; efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 29(11): 1701-1713. Consultado 26 may. 2007. Disponible en http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab1994/novembro/pab08_nov_9_4.pdf
53. _____; SILVEIRA, P.M. DA. 2003. Arroz irrigado por aspersão. (en línea). Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 1-6. (Circular Técnica no. 64). Consultado 27 may. 2007. Disponible en http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/circ_64.pdf
54. THOMAS, U.C.; VARUGHESE, K.; THOMAS, A. 2003. Influence of irrigation, nutrient management, and seed priming on yield and attributes of upland rice. (en línea). International Rice Research Notes. 28(2): 39-40. Consultado 4 dic. 2008. Disponible en <http://dSPACE.irri.org:8080/dSPACE/bitstream/123456789/1245/1/Thomas,%20U.%20C.%20Influence%20of%20irrigation,%20nutrient%20management.pdf>

55. URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de las unidades de suelo. Montevideo. t.3, 452 p.
56. _____. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2006. Encuesta arrocerza zafra 2005/2006. (en línea). Montevideo. 40 p. Consultado 4 mar. 2007. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DIEA/Encuestas/Se238/SE238_EncuestaArrocerza_06.htm

9. ANEXOS

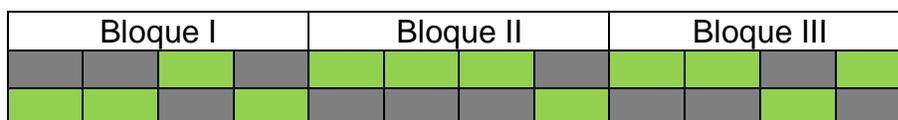
Anexo No. 1. Ensayo

1.a. Tratamientos de riego



- = 0% ETm
- = 33% ETm
- = 66% ETm
- = 100% ETm

1.b. Tratamientos de población



- = Población baja (100 plantas/m²)
- = Población muy baja (50 plantas/m²)

Anexo No. 2. Curva característica e infiltración del agua en el suelo

2.a. Muestreo de suelo

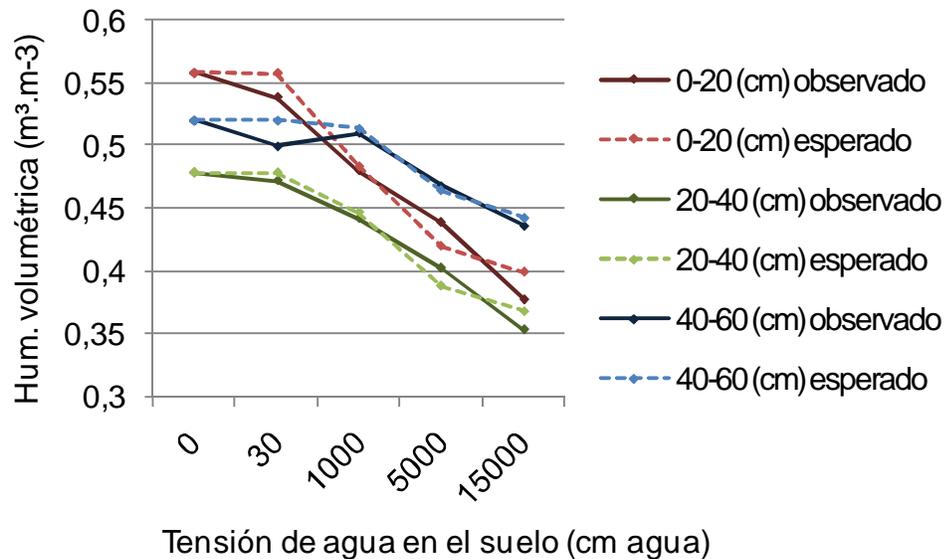


2.b. Contenido volumétrico de agua en el suelo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) observado a diferentes tensiones de agua

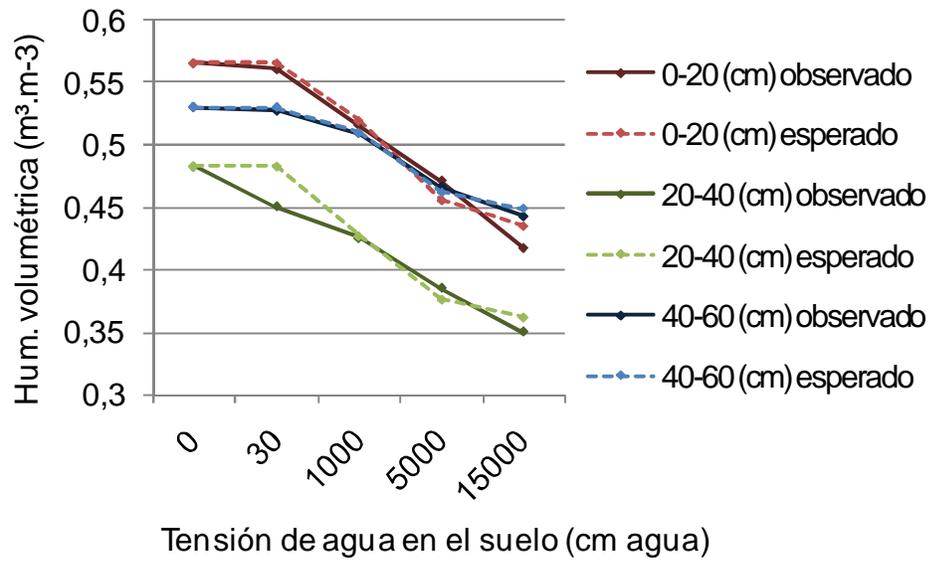
Profundidad de suelo (cm)	Tensión de agua en el suelo (cm de agua)				
	0	30	1000	5000	15000
Repet. 1					
0-20	0.558	0.538	0.480	0.439	0.378
20-40	0.478	0.472	0.442	0.402	0.353
40-60	0.520	0.500	0.510	0.468	0.436
Repet. 2					
0-20	0.566	0.561	0.516	0.471	0.418
20-40	0.483	0.450	0.426	0.385	0.350
40-60	0.530	0.528	0.509	0.466	0.443

2.c. Gráficas de curvas características de agua en el suelo

Repetición 1



Repetición 2



2.d. Determinación de la infiltración



2.e. Tabla de lecturas

Prueba 1

Tiempo (min)	Lectura atrás (cm)	Lectura media (cm)	Lectura adelante (cm)	Diferencia de altura (cm)	Altura de agua acumulada (cm)
0	27.3				
1		27.1		0.2	0.2
5		27.1		0	0.2
10		27		0.1	0.3
20		26.9		0.1	0.4
30		26.9		0	0.4
40			26.9	0	0.4

Prueba 2

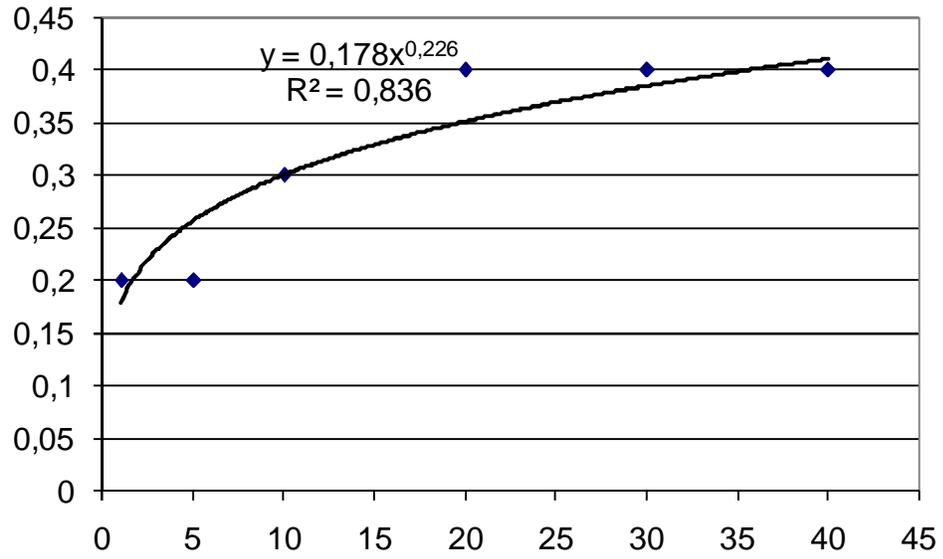
Tiempo (min)	Lectura atrás (cm)	Lectura media (cm)	Lectura adelante (cm)	Diferencia de altura (cm)	Altura de agua acumulada (cm)
0	16				
1	22.2		12.2	3.8	3.8
5		17.7		4.5	8.3
10		14.1		3.6	11.9
20	18.7		9	5.1	17
30		14.7		4	21
40		11.5		3.2	24.2
50	18.3		9	2.5	26.7
60		15.2		3.1	29.8
75		11.7		3.5	33.3
90	18.4		9	2.7	36
105		14		4.4	40.4
120	20		10.9	3.1	43.5
135		15.9		4.1	47.6
150		12.9		3	50.6
165	17.6		10.5	2.4	53
195	19.7		12	5.6	58.6
243	19.7		11.5	8.2	66.8
273		14.9		4.8	71.6
293			10.1	4.8	76.4

Prueba 3

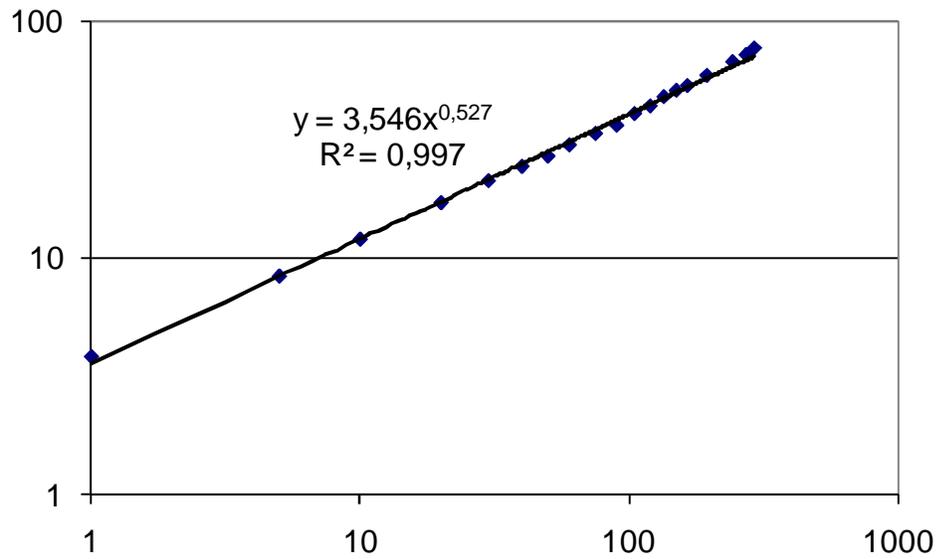
Tiempo (min)	Lectura atrás (cm)	Lectura media (cm)	Lectura adelante (cm)	Diferencia de altura (cm)	Altura de agua acumulada (cm)
0	17.5				
1		15.4		2.1	3.8
5		12.1		3.3	7.1
10	21		10.4	1.7	8.8
15		19.3		1.7	10.5
20		17.9		1.4	11.9
30	22.5		16.4	1.5	13.4
60		19.3		3.2	16.6
90		17.7		1.6	18.2
120		16.9		0.8	19
150		16.3		0.6	19.6
180		16.3		0	19.6
250		15.5		0.8	20.4
343		15		0.5	20.9
405			14	1	21.9

2.f. Gráfica logarítmica de infiltración

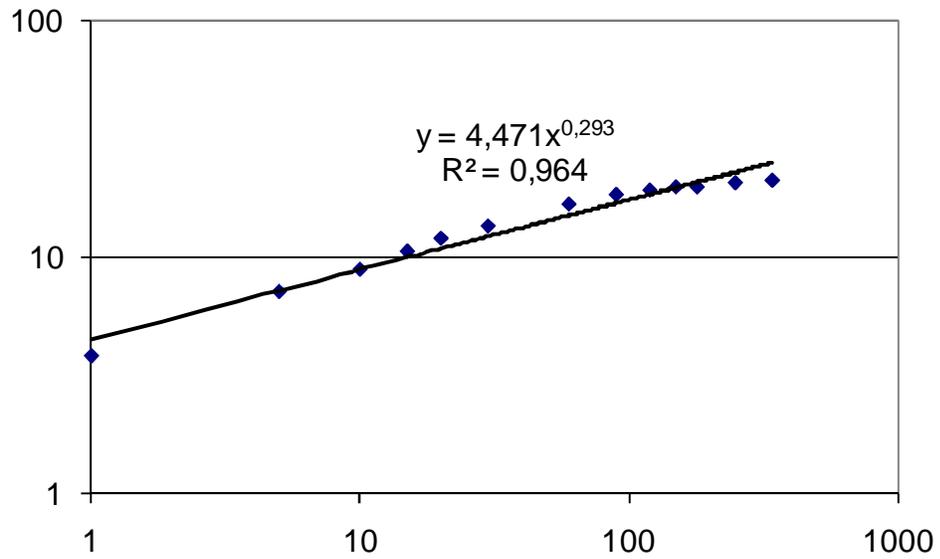
Prueba 1



Prueba 2

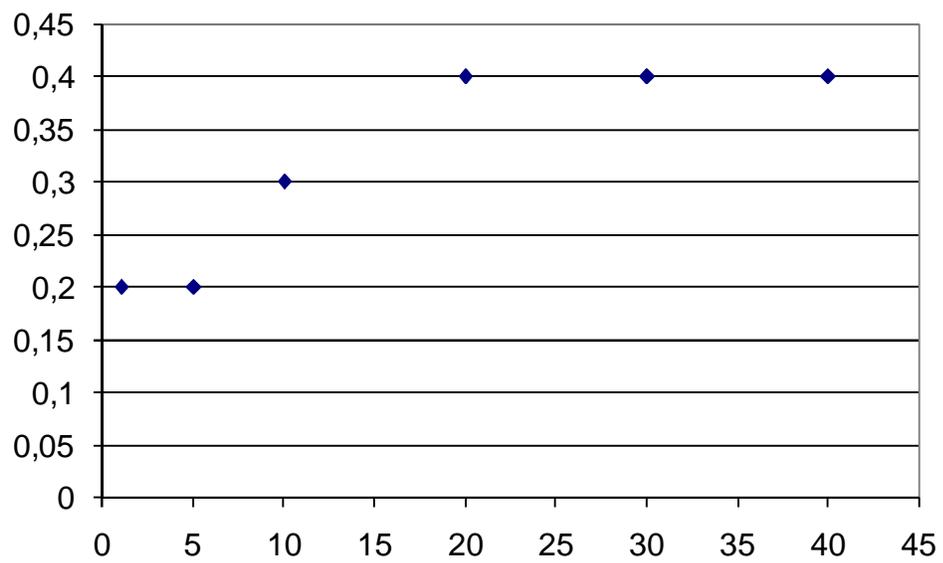


Prueba 3

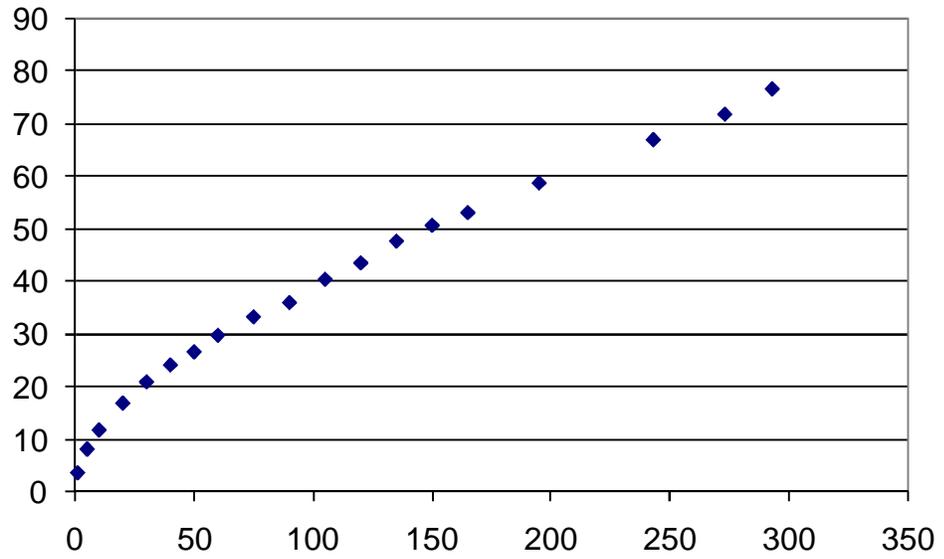


2.g. Gráfica lineal de infiltración

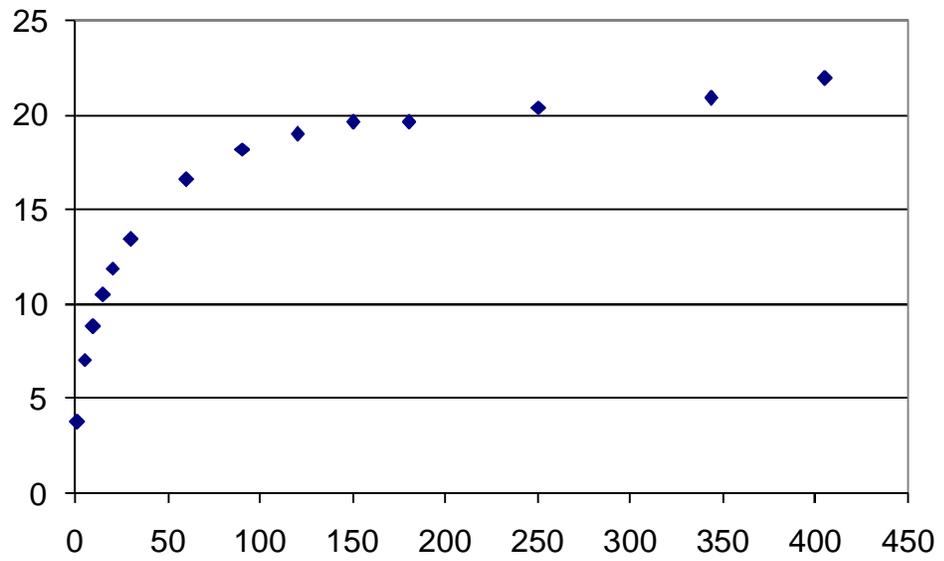
Prueba 1



Prueba 2



Prueba 3

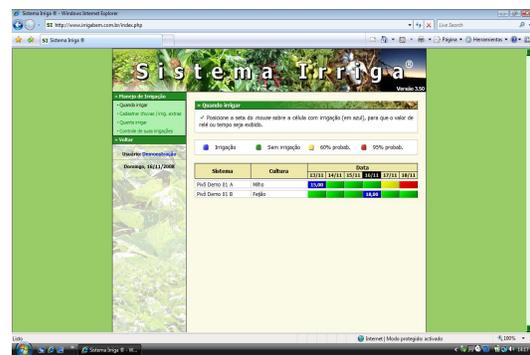


2.h. Ecuaciones de infiltración

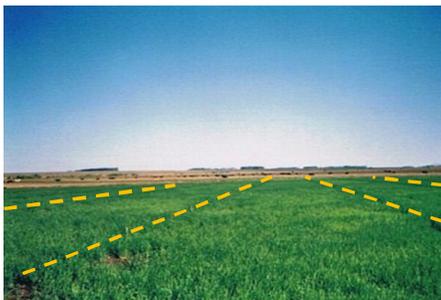
Prueba	Tasa infiltración (cm.min ⁻¹)	Infiltración acumulada (cm)	Infiltración básica (mm.h ⁻¹)
1	$i=0.040420*T^{-0.7733}$	$D=0.040420*((T^{0.7733})/(0.7733))$	21
2	$i=1.871593*T^{-0.4723}$	$D=1.871593*((T^{0.5277})/(0.5277))$	74
3	$i=1.312904*T^{-0.7064}$	$D=1.312904*((T^{0.7064})/(0.7064))$	20

Anexo No. 3. Recomendación y método de riego

3.a. Página web Sistema Irriga <http://www.sistemairriga.com.br> de recomendación de riego



3.b. Método de riego de “melgas o fajas”



Anexo No. 4. Medición del caudal de riego

4.a. Aforador tipo "Sin cuello"

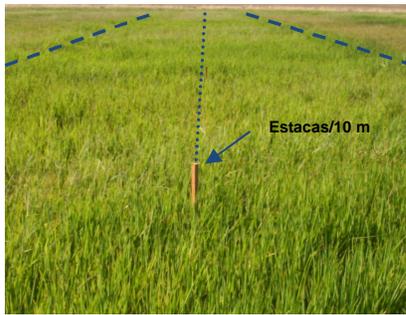


4.b. Tabla de caudal

Altura agua (cm)	Caudal (lts/seg)
5.8	5
6	6
7	9
8	11
9	13
10	16
11	19
12	23
13	26
14	30
15	34
16	38
17	42
18	47
19	52
20	57
21	62
22	68
23	73
24	79
25	85
26	91
27	98
28	104
29	111
30	118
31	127
32	135
33	143
34	151
35	159
36	168
37	177
38	185
39	195
40	204

Anexo No. 5. Tiempo de oportunidad (T_o) de infiltración y lámina aplicada

5.a. Melgas de estudio de tiempo de avance, corte, recesión, oportunidad y lámina aplicada



5.b. Registros del tiempo de avance, corte y recesión

Repetición 1

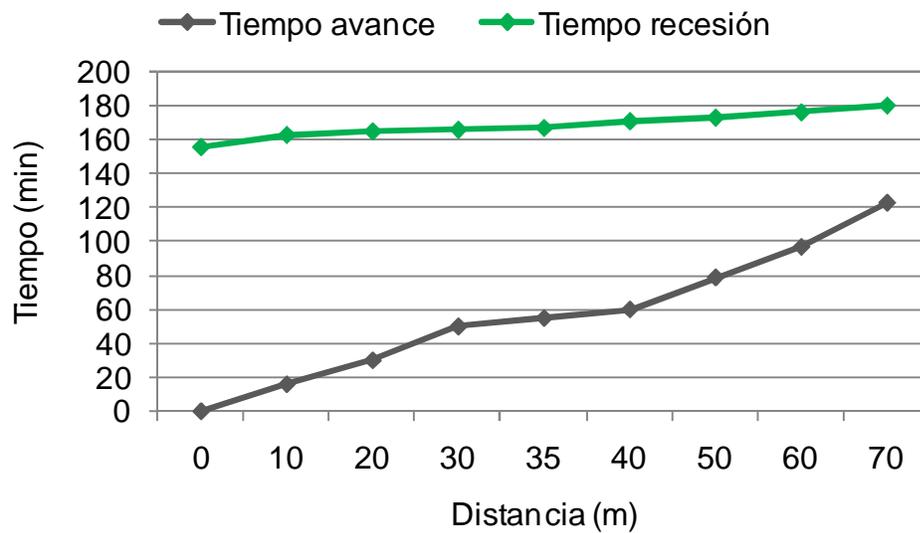
Distancia (m)	Tiempo avance (min)	Tiempo corte (min)	Tiempo recesión (min)
0	0	153	156
10	16		163
20	30		165
30	50		166
35	55		167
40	60		171
50	79		173
60	97		176
70	123		180

Repetición 2

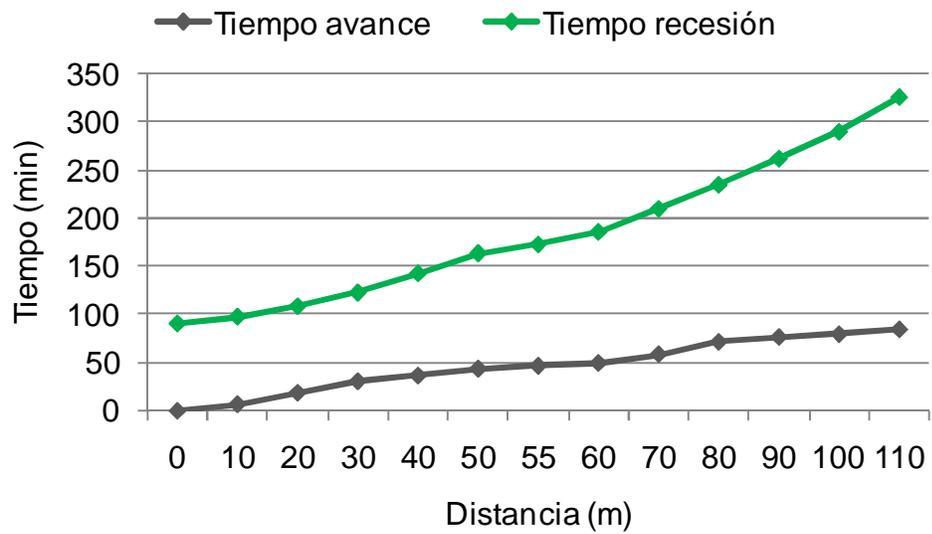
Distancia (m)	Tiempo avance (min)	Tiempo corte (min)	Tiempo recesión (min)
0	0	89	91
10	7		98
20	19		109
30	31		123
40	37		143
50	44		164
55	47		173
60	50		186
70	59		210
80	72		235
90	77		262
100	80		290
110	85		326

5.c. Gráfica de tiempo de avance y recesión

Repetición 1



Repetición 2



5.d. Registros del tiempo de oportunidad y lámina aplicada

Repetición 1

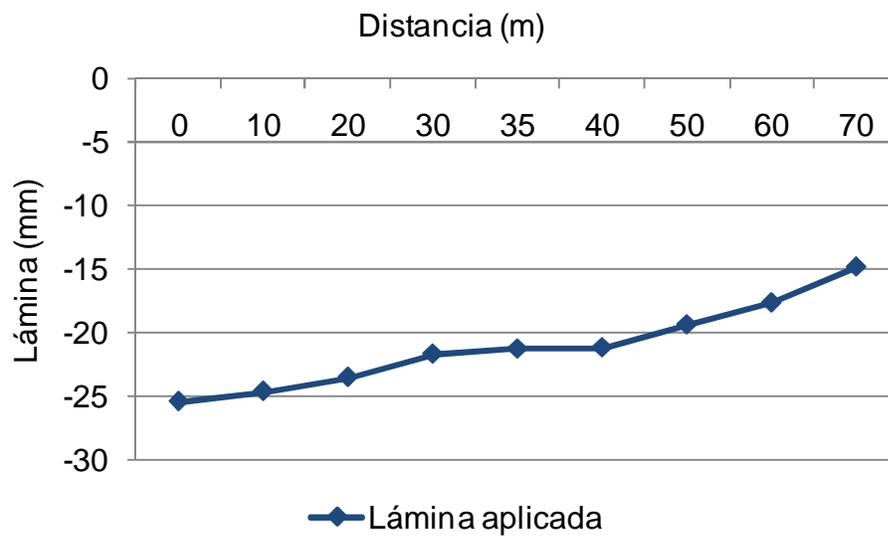
Distancia (m)	Tiempo oportunidad (min)	Lámina infiltrada (mm)
0	156	25.4
10	147	24.6
20	135	23.5
30	116	21.7
35	112	21.3
40	111	21.2
50	94	19.4
60	79	17.7
70	57	14.9

Repetición 2

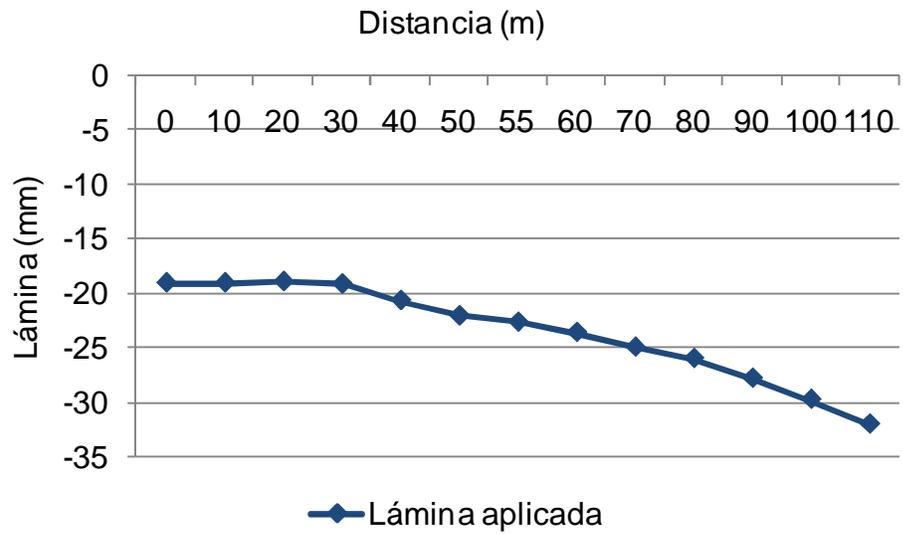
Distancia (m)	Tiempo oportunidad (min)	Lámina infiltrada (mm)
0	91	19.1
10	91	19.1
20	90	19.0
30	92	19.2
40	106	20.7
50	120	22.1
55	126	22.7
60	136	23.6
70	151	25.0
80	163	26.0
90	185	27.8
100	210	29.8
110	241	32.1

5.e. Gráfica de lámina aplicada

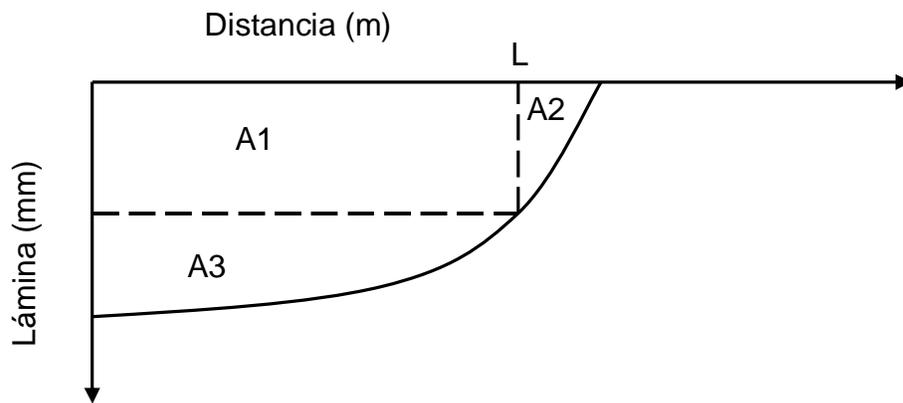
Repetición 1



Repetición 2



5.f. Esquema de lámina aplicada, percolación profunda y escurrimiento superficial en una melga o faja



- A1: lámina requerida
- A2: escurrimiento superficial
- A3: percolación profunda
- L: longitud de la melga

5.g. Corridas de simulador "Surface Irrigation Simulation Model" (SRFR)

Repetición 1

Longitud (m)	70
Ancho (m)	7
Pendiente (m/m)	0.007
Lám. Req. (mm)	20
Kostiakov, K (mm/hr ^a)	15.25
Kostiakov, a	0.53
Kostiakov, b (mm/hr)	8.4
Manning, n	0.25
Q (l/s)	10
Tiempo de corte (minutos)	153
Eficiencia de aplicación (%)	10.6
Escorrimento sup. (%)	72
Percolación prof. (%)	16.9
Costo agua (U\$S/ha)	31.85

Repetición 2

Longitud (m)	110
Ancho (m)	7
Pendiente (m/m)	0.007
Lám. Req. (mm)	7
Kostiakov, K (mm/hr ^a)	15.25
Kostiakov, a	0.53
Kostiakov, b (mm/hr)	8.4
Manning, n	0.25
Q (l/s)	10
Tiempo de corte (minutos)	89
Eficiencia de aplicación (%)	10
Escorrimento sup. (%)	45.9
Percolación prof. (%)	44.1
Costo agua (U\$S/ha)	11.79

Anexo No. 6. Tensión del agua en el suelo

6.a. Tensiómetros



6.b. Registros de tensiómetros

Tratamientos	Tensión (Bar) antes de recibir agua	Tensión (Bar) luego de recibir agua	Fecha
R0	- 0.020		9/2/2006
R100	- 0.020	- 0.010	10/2/2006
R100	- 0.030	- 0.020	14/2/2006
R100	- 0.030	- 0.020	18/2/2006
R100	- 0.040	- 0.030	21/2/2006
R100	- 0.014	- 0.009	1/3/2006
R100	- 0.003	- 0.001	4/4/2006