

Desarrollo y producción de arroz (*Oryza sativa* L.) con diferentes profundidades de láminas de agua en Calabozo, estado Guárico, Venezuela

Development and production of rice (*Oryza sativa* L.) under different levels of water in Calabozo, Guárico State, Venezuela

Pedro MONASTERIO PIÑERO¹✉, Luis LUGO¹, Luis ÁLVAREZ² y Huáscar LÓPEZ³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Yaracuy), Carretera vía aeropuerto, Las Flores Boraure, Km. 3, Cocorote, C.P 3201, estado Yaracuy, Venezuela; ²Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Vice rectorado de Producción Agrícola Vegetal. Mesa de Cavaca, Guanare, estado Portuguesa, Venezuela y ³INIA-Guárico, Carretera Nacional Calabozo - San Fernando de Apure, Km. 28. Bancos de San Pedro, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. E-mails: pmonasterio@inia.gov.ve; climamaiz@hotmail.com; llugo@inia.gov.ve y hlopez@inia.gov.ve ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 15/10/2010 Fin de primer arbitraje: 12/01/2012 Primera revisión recibida: 28/02/2012
Fin de segundo arbitraje: 12/03/2012 Segunda revisión recibida: 15/05/2012 Aceptado: 30/05/2012

RESUMEN

El agua es un factor crítico en el manejo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.); sin embargo, el efecto de la altura de la lámina de inundación no se ha estudiado profundamente. El trabajo realizado tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes láminas de inundación en el desarrollo y producción de la planta de arroz, en Calabozo, estado Guárico, con la variedad Fonaiaip 1, en el ciclo de riego del año 1996, durante los meses de Enero - Mayo. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones en arreglo de franjas. Se probaron tres alturas de lámina de agua: L0 (Saturación), L10 (10 cm de altura) y L20 cm de altura. Se evaluaron parámetros de crecimiento, producción y rendimiento. Los análisis de correlación, covarianza y varianza simple indicaron que existe relación entre las variables estudiadas. La variedad Fonaiaip 1, aumenta el rendimiento en la medida que disminuye la lámina de agua. No se encontraron diferencias significativas entre L0 y L10 (8.600 y 8.500 kg.ha⁻¹), pero sí, entre L0 y L20 (6.800 Kg.ha⁻¹). La variable con mayor peso en el rendimiento fue el número de panículas/m², con 635 para L0; 562,2 y 463 para L10 y L20 respectivamente con el mismo patrón estadístico. La reducción en la cantidad de agua utilizada fue a favor de L0 con el 52,2 % con respecto a L10 y L20. Los resultados sugieren, que el riego por saturación favorece el rendimiento y ahorro significativo de la cantidad de agua usada, permitiendo aumentar el área de siembra.

Palabras clave: arroz con riego, respuesta a profundidad de agua, *Oryza sativa*, rendimiento, Venezuela

ABSTRACT

Water is a critical factor in the management of rice crop, however, the effect of the height of the flood sheet has not been studied deeply. The work aimed to evaluate the effect of different layers of flooding in the development and production of the rice plant in Calabozo, Guárico state, with the variety Fonaiaip 1, in the cycle of watering of the year 1996, during the months of January - May. We used a randomized block design with four replications in slot arrangement. It tested three water heights: L0 (Saturation), L10 (10 cm height) and L20 cm tall. We evaluated growth parameters, production and performance. The analysis of correlation, covariance and variance indicated that there is simple relationship between the variables studied. The variety Fonaiaip 1, increases the yield decreases the water sheet. No significant differences were found between L0 and L10 (8,600 and 8,500 kg.ha⁻¹), but between L0 and L20 (6,800 kg / ha). The most heavily weighted variable in performance was the number of panicles/m, with 635 to L0; 562.2 and 463 for L10 and L20 respectively with the same statistical pattern. The reduction in the amount of water was used for L0 to 52.2% compared with L10 and L20. The results suggest that saturation irrigation provides performance and significant savings in the amount of water used, allowing to increase the planting area.

Key words: irrigation, irrigated rice, response to water depth, rice cultivation *Oryza sativa*, yield, Venezuela

INTRODUCCION

El cultivo de arroz con es el rubro con mayor potencial de productividad en las condiciones del

Sistema de Riego Río Guárico (SRRG) en Venezuela. En Calabozo se cultiva una producción promedio es de 4.030 kg.ha⁻¹ (MAC, 1995). En el proceso productivo de esta planta, el riego ejerce una gran

influencia respecto a otros factores de manejo del cultivo como son: fertilización, aplicación de agroquímicos y control de arvenses. Páez, *et al.*, (1995) concluyeron que al aumentar el espesor de la lámina de agua disminuye el rendimiento y que en suelo saturado los parámetros de producción se incrementan.

Mishra y Salokhe (2010) observaron, una mayor densidad de longitud de raíz y una mayor tasa de actividad de las raíces microbianas que afectaron los parámetros de rendimiento que contribuyen en todos los ensayos, tanto realizados en condiciones de semi campo o campo. Al mismo tiempo, los dos parámetros fundamentales se vieron afectados significativamente, por el régimen de agua, la densidad microbiana del suelo y patrón de la plantación, los tres principales factores considerados. También observaron que Bajo la aplicación intermitente de agua como se recomienda riego aeróbico (AI), el rendimiento de grano se incrementó por el 10.5-11.3%, en comparación con el estándar de la práctica del riego de inundación continua (CF).

Grillo (1985) indica que el arroz es el cultivo que demanda mayor cantidad de agua, de 10.000 a 30.000 m³/ha/ciclo, de acuerdo con la eficiencia de riego utilizada. La variante con suelo saturado, produjo el mayor porcentaje desde un 90 hasta un 100 % de germinación y una elevada economía en el agua de riego, entre 50 y 51 % del volumen que se consume en los primeros riegos de germinación para estos tipos de suelo (Polón, 2007). Polón, *et al.*, (2004) indicaron que el manejo del riego desde aniego durante 48 horas hasta suelo a capacidad de campo, permiten, el mayor porcentaje desde un 96 hasta un 100 % de germinación, correspondiendo estos valores a los mayores rendimientos agrícolas. Fréites (1991), Sánchez (1993) y Demey, *et al.*, (1994) señalan que, después de varios años de aplicación, el mal manejo de la lámina de agua de riego está provocando severos daños sobre las condiciones físicas del suelo y otros aspectos relacionados con la explotación de este cultivo en el SRRG, lo que obliga a dudar de la sustentabilidad del sistema actual de producción.

Todas aquellas prácticas de manejo que promuevan el macollaje y el crecimiento temprano (fertilización, fecha y densidad de siembra, manejo del agua, etc.) y que finalmente generen mayor número de panojas por unidad de superficie, darán

como resultado rendimientos más altos (Quintero, 2009; Jiménez, *et al.*, 2009).

ANAR, (2011) sugiere que una buena nivelación es aquella que establece láminas de agua de 5 a 7 cm, con lo cual se obtienen mejores y mayores beneficios que láminas arriba de 10 cm. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes profundidades de láminas de agua en el desarrollo y producción del cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico (Venezuela), como practica fundamental para aumentar los rendimientos y hacer sustentable este importante cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La ejecución del experimento se llevó a cabo en el área experimental de Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Guárico (CIAE Guárico, Bancos de San Pedro), potrero 16, lote B, a 08°31'00" y 67°32'00" y 68 msnm, con promedios de precipitación de 1.400 mm y una temperatura de 26°C. La serie de suelo es Palmar (TYPIC TROPAQUALFS), de textura fina, mixta e isotérmica arcillosa (Laboratorio de suelos CENIAP- UCV- Maracay, estado Aragua). El área del experimento tiene 1.200 m², rodeada de campos de arroz.

Diseño

Se utilizó un diseño en bloques al azar y cuatro repeticiones en arreglo de franjas rectas y aleatorización interna (Muñoz, 1984; Murray, 1992). Cada repetición tuvo con un área de 100 m². Los tratamientos consistieron en tres diferentes alturas de lámina de agua: a) Lámina cero (L0), se mantuvo el suelo saturado; b) L10 diez, con una lámina de inundación de 10 cm y c) L20 veinte, con una lámina de inundación de 20 cm. Durante el ciclo de cultivo, las alturas de láminas se mantuvieron constantes.

Definición y medición de variables

Se muestreó cada 10 días. Todos los muestreos se realizaron con un marco de 1m² de área, lanzados al azar dentro de cada repetición, con dos muestras de planta al azar por repetición, es decir, ocho muestras por tratamiento. Donde se evaluó: altura de planta: Distancia desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de la hoja más alta, cuando todavía se encuentra en fase vegetativa o hasta

el extremo terminal de la panícula (Arraudeau *et al.*, 1991; Páez, 2004). Producción de macollos: El macollamiento es el proceso de formación continua de hijos en una planta de arroz; se contaron los macollos en las dos plantas de muestras y se obtuvo el promedio. Para el área foliar, se midieron las hojas de las muestras (largo por ancho) y se obtuvo el promedio del tratamiento y la materia seca: se cortaron todas las plantas dentro del marco, se secaron en estufa por 48 horas a una temperatura de 110 °C. El peso de 1000 granos: Se contaron 1000 granos por cada repetición y se pesaron. Número de granos llenos por panícula: se cuantificaron los granos totales de las panículas, llenos y vanos, de las muestras de cada repetición y se analizaron solamente los llenos. Panículas por m²: Se contaron todas las panículas dentro del marco de 1m², lanzado al azar en cada repetición y rendimiento (kg.ha⁻¹): Se determinó con el peso de los granos de las panículas muestreadas con el marco en cada tratamiento, libre de los granos vanos.

Preparación, siembra y manejo del cultivo

Para el seguimiento del ensayo se tomó el día primero de enero como el día uno del año en curso, es decir se sembró el 16 Enero del año 1996 y se cosechó el día 14 de Mayo para 120 días de ciclo del cultivo y día 135 del año en curso. La preparación del suelo fue en la condición de suelo seco con tres pases de rastra (Castrillo, *et al.* 2004). Se construyeron los muros o lomas divisorias de los tratamientos, conjuntamente con los canales de riego. Para evitar las fugas laterales, se recubrieron los muros por la parte interna con polietileno de color negro (Usado en Bolsas de Basura de 150 l), con dimensiones de: Largo 1,50m., ancho 0,95 m., y calibre de 0.90; las cuales se recortabas por los lados para duplicar el largo (3,00 m.). Para mantener las alturas de agua, se colocaron controladores de la profundidad de la lamina (Salidas de agua) en cada tratamiento, y para cada altura L0 y L10 y L20, el área interna en cada repetición se niveló manualmente.

Se utilizó semilla de la variedad Fonaiap 1, pregerminada, lo cual implica sumergir la semilla en una tanquilla de agua durante 24 horas, al cabo de las cuales se extrae y somete a incubación por otras 24 horas. La densidad fue de 150 Kg.ha⁻¹, sembrada después de humedecer el área útil de cada repetición. Para el control de arvenses se hizo a los 20 días después de siembra (dds) con Asperjadora de espalda y consistió en una mezcla: Propanil-500®

(3',4'Diclopropananilida), en dosis de 6 L.ha⁻¹; Basagran-M60® (Saldimetilamina ácido-4-cloro-2-metilFenoxio acético) a 2,5 L.ha⁻¹ y Sherpa® (Cipermetrina 25%) a 400 cc/ha, para el control de gramíneas, ciperáceas-hoja ancha e insectos, respectivamente. Adicionalmente se mantuvo un control manual en todas las repeticiones.

El caudal medio fue de 9,1 l/s y se midió a través de un aforador Parshall, de 15 pulgadas de garganta durante 94 días generando un volumen total aplicado de 73.906,56 m³, los caudales se distribuyeron así: L10 y L20 fue de 4,0 l/s; en el tratamiento de saturación (L0) su gasto fue de 1,1 l/s y se supervisó diariamente la altura de lámina de agua y el caudal durante todo el ciclo. Para la fertilización se realizó el análisis de suelo y la dosis recomendada (Laboratorio de suelos INIA Guárico Calabozo-estado Guárico), fue de 250 Kg.ha⁻¹ de formula 14-14-14, a los 23 y 48 dds. El reabono se aplicó con urea en dosis de 150 Kg.ha⁻¹ a los 64 dds, de forma manual.

Análisis de datos

Se realizaron análisis de correlación y covarianza. Se estimó las diferencias entre tratamientos (láminas) en: peso promedio de materia seca, altura promedio de plantas y número promedio de macollas por planta, con un ANOVA paramétrico de dos factores considerando lámina y días; Para las variables número promedio de panículas/m², número promedio de granos llenos por panícula, peso promedio de 1000 granos y rendimiento final con un ANOVA paramétrico de una vía. Estas variables se midieron al final del ensayo (Steel y Torrie, 1992). Se usó la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) de Fisher ($p < 0,05$) para las comparaciones entre promedios. Los paquetes estadísticos utilizados fueron: Minitab (Versión 1995) e Irristat (versión 1991). El análisis de componentes principales de la varianza total (ACP) se realizó con Infostat v1.0/Profesional (InfoStat, 2004), se extrajeron los dos primeros autovalores que explicaron el 93% de la variación; posteriormente fueron representados con la gráfica de doble representación (Biplot) (Morrison, 1976). En la tabulación, cálculo y procesamiento de los datos se empleó la hoja de cálculo electrónica Microsoft® Excel 2003.

RESULTADOS

Desarrollo vegetativo

La producción promedio de materia seca fue estadísticamente similar entre las láminas de agua

(Cuadro 1). La altura promedio de plantas fue mayor para L10 (56,5 cm) y L20 (56,4 cm) que para L0 (51,8). El número promedio de macollas fue estadísticamente similar entre las láminas de agua aplicadas (Cuadro 1).

En la Figura 1 se observa que, a partir del día 78 del ciclo y finalización de la etapa de macollamiento e inicio de floración se incrementó el área foliar en los tres tratamientos.

Desarrollo reproductivo

El número promedio de panículas/m² para L0 (635,0) fue similar que para L10 (562,2), sin embargo estos dos valores superaron el de L20 (463, 2) ($p < 0,05$) (Cuadro 2). El número promedio de granos llenos/panícula fueron similar entre las láminas (61-63), así como el peso promedio de 1000 granos. El rendimiento final fue similar entre L0 (8,6 TM/ha) y L10 (8,5 TM/ha), pero superior al de L20 (6,8 TM/ha) ($p < 0,05$) (Cuadro 2).

La Figura 2 muestra que la variable producción de macollo está asociada a lámina de agua L0, y esta representa la variable más importante para el rendimiento, porque es la que produce las panículas. Asimismo, muestra la relación de las láminas L10 y L20 a las mayores alturas de planta.

En resumen las tres láminas no presentan diferencias apreciables entre ellas para las variables PM, MS y AP. Aunque, se puede establecer que L0 tiende a tener mayor producción de PM y MS que las restantes láminas. A su vez, L0 tiende a tener menor AP que las láminas L10 y L20, lo que favorece la estabilidad de la planta al disminuir el acame.

Los resultados del Cuadro 3 muestran los volúmenes de agua aplicados al cultivo en el ciclo de siembra del ensayo, la diferencia de volúmenes aplicados (Va) entre L0 y L10 fue de 23.552,7 m³/ha, determinando una eficiencia entre los volúmenes

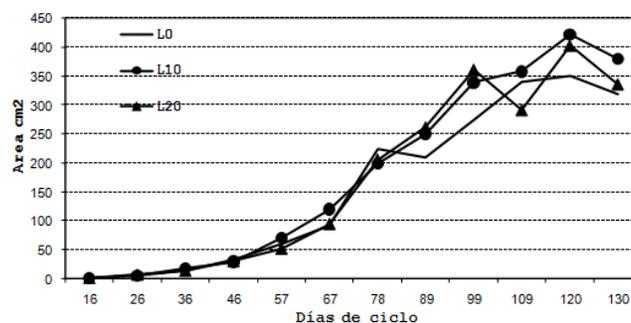


Figura 1. Comportamiento del área foliar de la planta de arroz (cm²) en función de la lámina de agua, Variedad Fonaiaip 1. Calabozo, Guárico, Venezuela, enero-mayo 1996.

Cuadro 1. Variables de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz en función de profundidad de la lámina de agua, variedad Fonaiaip 1. Calabozo, Guárico, Venezuela, enero-mayo 1996.

Día del año	Lámina de agua								
	L0			L10			L20		
	MS	AP	PM	MS	AP	PM	MS	AP	PM
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	12,7	0	-	11,7	0	-	12,7	0
36	200	12,7	0	200	17,7	0,1	200	15,7	0,9
46	300	21,8	0,4	400	23,3	0,4	300	22,7	0,9
57	1.400	37,4	3,8	1.700	39,1	3,7	1.700	39,3	3,1
67	2.500	42,4	4	3.200	43,1	4,1	3.100	40,2	4,0
78	4.800	52,8	3,8	4.800	62,3	3,2	5.800	67,9	2,5
89	6.500	63,1	2,9	6.000	71,1	3,8	5.900	72,5	2,5
99	10.000	73,3	2,8	10.200	83,6	2,6	8.700	84,8	1,6
109	13.700	75,7	3,4	11.400	82,5	2,3	10.800	81,1	2,0
120	14.900	88,1	2,4	13.400	94,5	2,1	13.100	90,8	2,5
130	15.900	99,7	2,6	16.500	91,9	2,2	14.900	92,2	3,1
140	9.500	-	-	10.700	-	-	9.300	-	-
Promedio	6.800 a	52,1 a	2,37 a	6.500 a	56,5 b	2,23 a	6.200 a	56,4 b	2,02 a
Error Estándar	1.705,21	8,20	0,40	1.613,65	8,19	0,42	1.467,39	8,30	0,29

MS = Materia seca en kg.ha⁻¹; AP = Altura de planta en cm y PM = Producción de macollos.
 $p < 0,05$: letras distintas denotan significación estadística entre láminas de agua

aplicados a favor de la lámina de saturación (L0) de 52.10%. Es importante destacar en el SRRG en Calabozo, el valor del agua actualmente es fijo e independiente de la cantidad utilizada para el cultivo.

DISCUSION

Los resultados del Cuadro 1, coinciden con lo señalado por Barrios *et al.* (1995), quien destaca que la planta, cuando es sometida a láminas bajas de agua, aumenta su potencial de producción de macollos, incrementando el peso de materia seca por área. Es importante destacar que el aumento de materia seca en la lámina L10, en los primeros 30 días de ciclo, se debe a la mayor altura de planta. Tascón (1985) y Vergara (1990) indican que el agua afecta el carácter físico de la planta, siendo el macollamiento y la altura de planta las que conforman la biomasa aérea del cultivo de arroz. En la figura 1 se observa que, a partir del día 78 del ciclo

Cuadro 2. Variables de rendimiento y producción en función de la lámina de agua, Variedad Fonaiap 1. Calabozo, Guárico, Venezuela, enero-mayo 1996.

Variables	Lámina de agua (cm)		
	L0	L10	L20
Número de panículas/m ²	635,0 a	562,2ab	463,2 c
Granos llenos /panícula	61,1 a	62,2 a	62,8 a
Peso de 1.000 granos	27,3 a	28,9 a	25,4 a
Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	8.600,0 a	8.500,0 a	6.800,0 b

p < 0,05: letras distintas denotan significación estadística entre láminas de agua

Cuadro 3. Volumen de agua aplicado, eficiencia del agua en la siembra del cultivo de arroz en el Sistema de Riego Río Guárico (SRRG), Calabozo, Guárico, Venezuela, enero-mayo 1996

Lámina (cm)	Volumen (m ³)		Eficiencia de utilización %
	Aplicado	Drenado †	
L0	8.933,7	4.685,6	52,10
L10	32.486,4	29.050,5	0,90
L20	32.486,4	29.050,5	0,90

Fuente: MAC, (1986). Oficina de riego del SRRG.

† Incluye pérdidas por evaporación e infiltración

y finalización de la etapa de macollamiento e inicio de floración, se incrementó el área foliar en los tres tratamientos, tal como lo señala León (1985); sin embargo, los valores medios obtenidos en este estudio no mostraron ninguna significación.

Tinarelli (1989) señala que la excesiva altura de lámina de agua puede producir daños y ser causa de alargamiento del tallo, escaso desarrollo radicular, menor macollamiento, susceptibilidad de acame y menor producción. Salazar *et al.* (2002), indico, que el análisis de la varianza no estableció diferencias significativas con respecto a las variables altura de plantas entre los tratamientos de labranza en la variedad Fonaiap 1.

El Cuadro 1, permite observar que la altura de la planta es menor en L0, aunque los valores medios de los tratamientos son significativos para L0 con respecto a L10 y L20, los cuales no son significativos. La menor altura es factor importante para la obtención de rendimientos potenciales, porque reduce el volcamiento de la planta (Vergara, 1990). La altura de la planta está directamente relacionada con la profundidad de la lámina de agua (Barrios, *et al.*1995). Para minimizar el volcamiento se debe considerar una planta de baja altura y con tallo duro, una lámina de agua poco profunda garantiza esta condición (CIAT, 1980, 1982). Tascón (1985) observa que con láminas de 2,5 cm de profundidad las plantas tienden a ser de menor altura y tienen menor tendencia al vuelco. Asimismo, la producción de macollos no presentó diferencias significativas,

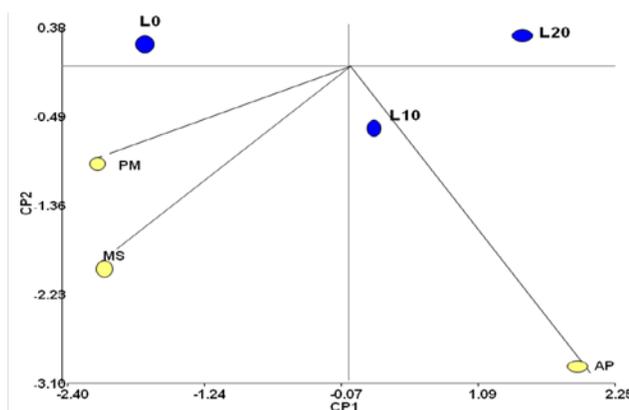


Figura 2. Representación (biplot) de la relación entre los parámetros del rendimiento y las láminas evaluadas. Calabozo, Guárico, Venezuela, enero-mayo 1996

pero se destaca que la lámina de saturación obtiene el mayor valor, seguido de L10 y L20, de donde se deduce que estos resultados son debidos a la influencia de la altura de la lámina de agua en la disminución de macollos por planta

Estos resultados coinciden con De Datta *et al.* (1975) quienes indican que, en láminas de 2,5 cm de profundidad, las plantas tienen mayor número de macollos y refieren efectos negativos cuando la lámina permanece alrededor de 20 cm. En suelos saturados, Barrios, *et al.* (1995) encontró el mayor porcentaje de macollos productivos y obtuvo el menor valor con láminas de 15 y 20 cm de profundidad. Mabbayad y Obordo (1975) señalan que una lámina poco profunda no afecta adversamente la formación de macollos y láminas profundas inhiben su formación en siembras de arroz. Páez, *et al.*, (1995) quienes encontraron en condiciones de suelo saturado, mayor número de plantas y número de macollos productivos, con respecto a láminas de 10 y 15 cm. Páez (2004) indicó que, en nuestras explotaciones comerciales la máxima expresión de macollamiento suele lograrse alrededor de 45 días después de la siembra. Posterior a este máximo macollamiento algunos hijos mueren y su número disminuye hasta estabilizarse.

Estos resultados coinciden con los de Barrios *et al.*, (1995) y Páez *et al.*, (1995), donde la lámina de saturación obtiene los valores más altos de número de panículas/m² y menor cuando la lámina de agua es más alta (15 a 20 cm). Páez, 2004 indica que Bajo riego de saturación de suelo, por ejemplo, el macollamiento es más abundante en comparación con el que se logra en condiciones de inundación, y más aún, con lámina muy alta, que dependiendo principalmente de las condiciones de siembra, de la eficiencia del riego y la fertilización, para el momento de cosecha, el número de hijos productivos (con panículas) varía entre 300 a 400 por m². Vergara (1990) y Arraudeau *et al.*, (1991) también indican que existe alto potencial para la obtención de rendimientos máximos cuando se mantiene el suelo en condiciones de saturación. De Datta (1981) encontró que la inundación entre 2 y 7,5 cm es la profundidad con mayor potencial de altos rendimientos en grano para siembra de arroz continuo. El mismo cuadro 2 muestra la variable granos llenos por panícula y Peso de 1.000 granos y los valores no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, indicando la poca influencia que ejerce

la lámina de agua sobre ellas y coincide con Barnis, (2004), que explica que Peso medio de 1.000 semillas: es un valor o parámetro de una gran importancia, ya que constituye un factor esencial de productividad o rendimiento del arroz, para el grano con cáscara, este valor puede oscilar entre 22 y 36 gramos, valores coincidente con los resultados obtenidos. Fernández *et al.*, (1985) indican que el peso de los granos es determinado durante la fase de maduración, interviniendo el número de hojas activas, la fertilización y las condiciones ambientales adecuadas. Doney y Hoff (1989), indican que, en condiciones de alta evaporación, alta temperatura y radiación es posible que la planta de arroz, en la fase de reproducción, sufra de estrés en suelo saturado que puede afectar el peso y llenado de los granos.

Algunos autores como De Datta *et al.*, (1975); De Datta (1981; 1986) y Álvarez (1995) señalan que un estrés en la fase reproductora puede afectar la diferenciación de la panícula, causando disminución del peso y llenado de los granos. El rendimiento es la variable dependiente de los parámetros N° de panículas/m², N° de granos llenos/panícula y peso de los granos; de allí la alta correlación con ellas. El número de panículas/m², queda determinado en la etapa de macollamiento o formación de hijos y representa el factor más importante en la proyección de altos rendimientos (Páez y Moreno, 2004).

El análisis de varianza señala que existen diferencias significativas entre L0 y L20, pero no existen entre L0 y L10 y entre L10 y L20. El mayor resultado lo obtiene la lámina de saturación, seguido por L10 y L20. La variable de mayor peso sobre el rendimiento fue el número de panículas/m², coincidiendo con Quintero, 2009. La tendencia del mayor rendimiento es hacia los valores de lámina menos profunda. El coeficiente de variación de esta prueba fue de 7,2%.

Este resultado coincide con Barrios *et al.*, (1995); De Datta *et al.*, (1975); Mabbaya y Obordo (1975); De Datta (1981); Tascón (1985) y Vergara (1990). Mishra y Salokhe (2010) concluyen que la lámina de saturación produce mayor rendimiento y este nivel de humedad nunca debe ser menor, ya que cualquier déficit hídrico durante la etapa de llenado del grano, causa vaneamiento de la panícula. Useche *et al.*, (1974) y De Datta y Beache (1971) indican que el arroz sufre de estrés hídrico, aunque el contenido

de humedad del suelo esté en el rango de capacidad de campo, y que el nivel de agua debe estar entre capacidad de campo y saturación, para que los rendimientos no se vean afectados. Álvarez (1995) señala que la planta de arroz tiene su sistema radical muy superficial, entre 15 y 20 cm de profundidad en el período reproductivo, por lo que cualquier déficit puede reducir sensiblemente su rendimiento.

Los valores del cuadro 1, coincide con los autores Tascón (1985); Vergara (1990); Álvarez, (1995; 1997); Barrios *et al.*, (1995); Páez *et al.*, (1995); Páez y Moreno (2004); Polón *et al.*, (2004); Polón (2007); Mishra y Salokhe (2010) y Quintero (2009) quienes indican que la producción de macollos en láminas de baja alturas, o de saturación, son las que producen los mayores rendimientos. Bernis, (2004) Destaca que siempre es aconsejable aumentar algo la dosis de semilla, especialmente en siembras tempranas y con variedades de gran ahijamiento, donde la dosis media de siembra sería de 140-180 kg de semilla por Ha y también indica que pueden formarse hasta 50-60 tallos; en condiciones normales cada planta produce de 2 a 5 tallos fértiles.

INTA, (2008), recomienda para variedades modernas la cantidad de 120-130 kg.ha⁻¹, y altura de laminas de agua de 5 a 10 cm., con estas altura de lamina de 5 cm el ahorro fue de 274 m³/ha (Volumen aplicado 1134 m³/ha) con respecto a la altura de lamina de 20 cm (Volumen aplicado 1413 m³/ha) que represento el 19,74 %. Páez, (2004) indica que las altas densidades de siembra no favorecen el macollamiento de la planta. En este aspecto la recomendación comercial para obtener una óptima población se ubica en el orden de 130 a 150 kg.ha⁻¹ de semillas, cuyo porcentaje de germinación sea superior a 90 por ciento.

Tinarelli (1989) reporta volúmenes de 10.000 m³/ha al utilizar caudales entre 0,8 y 0,9 l/s y 15.000 – 25.000 m³/ha con caudales de 1,5 a 2,5 l/s. Estos caudales están en la misma tendencia mostrada en el cuadro 3. Grillo (1985) indica que el arroz demanda una cantidad de agua entre 10.000 a 30.000 m³/ha/ciclo, de acuerdo con la eficiencia de riego aplicada. Useche *et al.*, (1974) y Ferraz y Camero, (1983) indican que en el uso de riego intermitente y semilla pregerminada se consumen 7.110,0 m³/ha/ciclo y con riego continuo 15.030,0 m³/ha/ciclo para una eficiencia de utilización de 52,69% a favor del riego intermitente.

El estudio demostró la importancia que tiene la producción de macollas y posteriormente de panículas para mejorar el rendimiento final, que es de interés a todos los agricultores de arroz con riego. Resaltó la importancia de cultivar con una mínima cantidad de lámina posible. Sin embargo, otros estudios han demostrado mejores rendimientos con láminas medianas (10 cm).

El gran problema de sembrar con suelo saturado, sin lámina es la mayor producción de malezas, con la necesidad de aumentar costos de producción significativamente con aplicaciones de herbicidas. Tales costos puedan cancelar la ganancia extra de la ligeramente mayor producción sin lámina. Peor el caso si el suelo es contaminado con semilla de arroz rojo. Sembrar sin lámina con presencia de arroz rojo asegurará la pérdida total del arroz comercial.

Sin embargo, se ha logrado sembrar directamente en láminas medianas para eliminar casi en 100% la necesidad del uso de herbicida, siempre cuando la superficie fuera antemano nivelada con un sistema de laser. En el caso de California, el uso de la lámina mediana permanente también facilita la aplicación del 100% del abono de nitrógeno antes de la siembra, así reduciendo la cantidad necesario en 30%, y bajando costos.

Quizás la solución para los pequeños agricultores, sin mucho apoyo técnico, es el uso de una combinación de los dos sistemas (L0 y L10). Sin embargo, requiere de una nivelación buena, a cero pendiente, con un sistema de maquinaria con láser.

CONCLUSIONES

- La producción de materia seca y la producción de macollos fue similar entre las láminas de agua. La altura de plantas fue mayor para L10 y L20.
- El número de panículas/m² fue la responsable del rendimiento y fue similar para L0 y L10 y ambos superaron a L20. Los granos llenos por panícula y el peso de 1000 granos fue similar para las tres láminas de riego.
- El rendimiento fue similar para L0 y L10 y ambos superaron al de L20 en 20,47%, equivalente a 1750 kg.ha⁻¹.
- En el área foliar, las tres láminas, mostraron un desarrollo igual en todo el ciclo evaluado, con un

incremento entre los días 46 a 57, correspondiente al macollamiento e inicio de floración.

- El suelo saturado (L0) tiene reducción del 52,3% del volumen de agua aplicado, no hubo diferencia entre el volumen para L10 y L20.

RECOMENDACIONES

- Disminuir el alto consumo de agua en el ciclo de siembra del cultivo en el SRRG al usar láminas de baja altura (L0 o L10), que producen mayores rendimientos con un ahorro de agua mayor al 50%, lo cual significaría una ampliación del número de hectáreas a sembrar en la zona con un mayor número de productores beneficiados, lo cual incrementaría la producción y el aparato productivo de la zona, debido a que el arroz representa su primera industria.
- Nivelar los campos para tener las ventajas de la saturación (L0), que favorece el mayor número de panículas/m², factor determinante en el rendimiento del grano y un ahorro en el uso del agua, que disminuirá los costos de producción, en el caso de usar pozo profundo él para el riego.
- Mantener la profundidad de la lámina de agua hasta 10 cm, en el caso de una macro nivelación, porque los resultados indican que no existen diferencias significativas entre saturación y la lámina de L10 cm y esta altura de agua es fácil de manejar por el agricultor, la cual beneficiara en parte el control integrado de malezas y enfermedades.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), por su apoyo. A Germán Rico, por su asesoramiento. Al INIA Guárico-Calabozo y su personal: A Arnaldo Chávez y Luis Ortiz, por su colaboración en el manejo y evaluación diaria de las variables, especialmente el riego.

LITERATURA CITADA

Asociación Nicaragüense de Arroceros (ANAR). 2011. Jornada técnica Arroceros. Boletín Informativo

Junio y Julio 2011 No. 04-2011. Managua, Nicaragua. 8 p. <http://www.anar.com.ni/> Fecha: 25/01/2012.

Álvarez, L. 1997. Producción de arroz en los llanos Occidentales de Venezuela. Barinas, Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. 245 p.

Álvarez, L. 1995. Producción de arroz en los llanos Occidentales de Venezuela. Trabajo de Ascenso. Programa de producción agrícola vegetal. Universidad Ezequiel Zamora. Guanare. p. 40-47.

Arraudeau, M. A.; B. S. Vergara y O. Arregocés. 1991. Manual para el arroceros de secano. International Rice Research Institute y French Institute For Tropical Food crops (IRAT). Los Baños, Manila. Filipinas. 281 p.

Barrios, C.: O. Páez, y F. Ajmad. 1995. Efecto del manejo del riego y la densidad de siembra en el cultivo del arroz en Portuguesa. Proyecto Cooperativo de Investigación Fonaiap - Fundación Polar - Corina. 25 p.

Bernis J.; M. F. 2004. Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.). Características morfológicas del arroz. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Primera edición. 18 p.

Bernis J.; M. F. 2004. Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.). Aumento de la capacidad productiva del arroz. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Primera edición, 146 p.

Castrillo, W.; O. Páez, B. Peña y B. Rico. 2004. Preparación de suelos y sistemas de siembra. El Cultivo del Arroz en Venezuela. 1ra edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay. 82p. http://ojs.inia.gob.ve/pub/Cultivo_arroz.pdf Fecha: 18. Enero 2012.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Guía de estudio. Serie 042r-0504. Cali. Colombia. 28 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. Selección y adecuación de lotes para la producción continua de arroz de riego. Guía de estudio. 2^{da} Ed. Cali. Colombia. 20 p.

- Comerma, J. y R. Paredes. 1978. Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras en Venezuela. *Agronomía Tropical* 28 (2): 71-84.
- De Datta, S. K. and H. Beache. 1971. Varietal response to some factors affecting production of upland rice. *Rice Breeding symposium International Rice Reserch institute. Los Baños. Filipina.* 140 p.
- De Datta, S. K.; L, Gil. y W. Akin. 1975. Manejo de agua y necesidades de riego del arroz. *Cultivo del arroz. Manual de producción. Escuela de la Universidad de Filipinas. International Rice Reserch institute. Filipina.* P. 121-135.
- De Datta, S. K. 1981. Manejo de agua en siembra directa de arroz inundado. *Producción de arroz fundamentos y prácticas. Instituto Internacional para la Investigación del Arroz. Los Baños. Filipinas.* p. 341-394.
- De Datta, S. K. 1986. *Producción de arroz. Fundamentos y prácticas. México DF. Ed. Limusa.* p. 341-394.
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). 2010. Preparación de tierras en el cultivo del arroz. *Manual técnico para el cultivo de arroz (Oryza sativa). Secretaria de agricultura y ganadería (SAG). Comayagua, Honduras.* 16p. <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf> Fecha: 18 Enero 2012.
- Demey J. R.; M. Adams y H. Fréites. 1994. Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de fincas agropecuarias. *Agronomía Tropical* 44 (3): 475-497.
- Dobney, S. y B. Of. 1989. Influence of water management on growth and yield of no-till planted rice, *Growth, Ecology, Production & Management. Dep. Of Agronomy. Lousiana State. University.* p. 142-146.
- Ferraz, L. J. y C. L. Camero. 1983. Evaluación de la lámina mínima de riego necesaria para mantener el rendimiento promedio de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Sistema de Riego Río Guárico. *Facultad de Agronomía. Instituto de Ingeniería Agrícola. Universidad Central de Venezuela. Maracay.* 76 p.
- Fréites, H. E. 1991. Determinación de las relaciones entre los componentes en la producción de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Sistema de Riego Río Guárico. *Universidad Central de Venezuela. Maracay.* 102 p.
- Fernández, F.: B. S. Vergara, N. Yapit y O. García. 1985. Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. *Arroz: Investigación y producción. CIAT. Cali. Colombia.* p. 83-97.
- Grillo, M. F. 1985. Diseño de sistema de riego y distribución de agua. *Arroz: Investigación y producción. CIAT. Cali. Colombia.* p. 387-399.
- González, J. F. 1985. Manejo de malezas en arrozales. *Arroz: Investigación y producción. CIAT. Cali. Colombia.* p. 445- 458.
- Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuaria (INTA). 2008. Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo del arroz en corrientes. *Asociación Correntina de Plantadores de Arroz.* p94. <http://inta.gob.ar/documentos/guia-de-buenas-practicas-agricolas-para-el-cultivo-de-arroz-en-corrientes> Fecha: 14/02/2012.
- InfoStat. 2004. *InfoStat software estadístico. Versión 1.1. Córdoba, Argentina.*
- Jiménez Méndez, O.; R. Silva y J. Cruz. 2009. Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza Stiva* L.) en el municipio Santa Rosalía estado Portuguesa, Venezuela. *Revista UNELLEZ Ciencia Tecnología.* 27: 32-41.
- León, L. y O. Arregoces. 1985. Factores que afectan la respuesta a la fertilización nitrogenada del arroz. *Arroz: Investigación y producción. CIAT. Cali. Colombia.* p. 307-340.
- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). 1986 *Anuario estadístico agropecuario. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.* 387 p.
- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). 1995. *División de Planificación. Ministerio de Agricultura y Cría. Unidad Estatal de Desarrollo Agropecuario. Guárico. Calabozo.* 2 p.
- Mabbayab, B. y R. Obordo. 1975. Método para plantar arroz. *Cultivo de arroz. Manual de producción. Filipina.* p. 113-117.

- Montilla, J. J. 1999 Agricultura y desarrollo humano en Venezuela. Un plan para el nuevo siglo. Editado por H. Almeda, A. Montaldo y A. Romero. Maracay, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Publicación especial N° 37. 256 p.
- Morrison, D. F. 1976. Multivariate Statistical Methods. 2nd Ed., McGraw-Hill Book Co. New York, USA.
- Mishra, A. and V. M. Salokhe. 2010. Flooding stress: The effects of planting pattern and water regime on root morphology, physiology and grain yield of rice. *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 368-378.
- Muñoz, E. J. 1984. Manual estadístico para la experimentación en arroz. CIAT, Cali. Colombia. 186 p.
- Quintero, C. E. 2009. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina. Tesis de grado. Universidad de Cordova. Argentina. 170p. http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/5680/1/Quintero_Cesar.tesis.pdf. Fecha: 24 Enero 2012.
- Páez, O. y C. Barrios. 1995. Efecto de la interacción siembra – lámina de agua sobre el crecimiento, desarrollo y producción de arroz en época de verano. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 12: 25-45.
- Páez, O. 2004. Morfología y etapas de crecimiento y desarrollo. El cultivo del arroz en Venezuela. 1ra Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay- Aragua. Venezuela. 38 p.
- Páez, O. y O. Moreno. 2004. Ecología del cultivo. El cultivo del arroz en Venezuela. 1ra Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay- Aragua. Venezuela. 38 p.
- Polón, R.; R. I. Castro, A. Miranda, M. Ramírez y N. Pérez. 2004. Diferentes manejos de agua en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia en la germinación, masa seca, altura de la planta y el consumo de agua. *Cultivos Tropicales* 25 (2): 95-97.
- Polón, R. 2007. Estudio de diferentes manejos de agua en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia sobre la germinación, la masa seca, la altura de la planta y el rendimiento agrícola. *Cultivos Tropicales* 28 (2): 101-103.
- Rico, G.; P. Rodríguez, J. Peña, P. Monasterios y A. Amaya. 1999. Manejo de suelos en arroz. En: X Curso-taller sobre producción económica de arroz bajo riego. Módulo I. Araure. Venezuela. FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV. *Agronomía* 125 p.
- Sánchez, C. 1993. Efecto del batido y la cero labranza sobre las propiedades físicas y químicas de un Vertisol bajo condiciones de inundación y su incidencia sobre el desarrollo del cultivo del arroz (*Oryza Sativa* L.) en Calabozo. Tesis Postgrado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 79 p.
- Salazar, M., C. Marín, M. Navas, O. Torres, R. Gutiérrez y J. Crespo. 2002. Efectos del sistema de labranza en el comportamiento de cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado Barinas, Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía* 19 (3): 194-200.
- Spiegel, M. R. 1992. Estadística. Capítulo 14. Teoría de la correlación. México. p. 332-356.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1992. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Editorial Graf América. México 622 p.
- Tascón, E. 1985. Requisitos de agua y métodos de riego en el cultivo del arroz. Arroz: Investigación y producción. CIAT. Cali. Colombia. p. 401-415.
- Tinarelli, A. 1989. Funciones del agua. El arroz. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 266-280.
- Useche, R.; L. Mora y L. Chaparro. 1974. Aplicación de riego en forma intermitente en el cultivo del arroz. Boletín informativo. Estación Experimental de Calabozo. Estado. Guárico. Año 1. N° 2. 32 p.
- Vergara, B. S. 1990. Guía del agricultor para el cultivo del arroz. Editorial Limusa. México. 221 p.