

Efecto de la aplicación de nitrógeno y herbicida en siembra directa de arroz variedad FONAIAP-1 en Guárico, Venezuela

Effect of nitrogen and herbicide application on zero tillage FONAIAP-1 rice in state of Guarico, Venezuela

Luis Lugo^{1*}, Pedro Monasterio Piñero², Luis Vivas¹ y Carlos Sánchez³

^{1 y 2}Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Guárico y Yaracuy, respectivamente.

³Instituto de Tecnología de los Llanos (IUTLL). Valle de la Pascua, estado Guárico. Venezuela.

*Correo electrónico: llugo@inia.gob.ve

RESUMEN

Para reducir la aplicación excesiva y determinar los efectos combinados de dosis de nitrógeno (N) y de herbicidas, sobre el desarrollo y producción de la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) FONAIAP 1, bajo condición de siembra directa, se realizó un ensayo para evaluar el efecto de tres dosis de N (40, 80 y 160 kg ha⁻¹) y cuatro tratamientos de control químico de malezas [2 y 4 litros ha⁻¹ de glifosato® (G)] en pre-emergencia e igual dosis de G en post-emergencia (6 litros de propanil + 2 litros de bentazon) en post-emergencia (CP), sobre el rendimiento en grano (Rg), altura de plantas (AP), número de tallos (NT) y número de panículas (NP) por m², número de granos (NG) por panículas, peso de 1.000 granos (P₁₀₀₀) y la eficiencia en el uso de N (EUN) por el cultivo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. La siembra directa de la variedad fue en un suelo franco-limoso y regado por inundación. Los resultados mostraron que la variedad respondió a la aplicación de N por encima de 80 kg ha⁻¹ y diferencias significativas con 160 kg ha⁻¹ para Rg, AP, NG y P₁₀₀₀. En los tratamientos con control químico pre y CP, no se detectaron diferencias significativas a la aplicación de N por debajo de 80 kg ha⁻¹, pero fue donde hubo mayor EUN. El mejor Rg se obtuvo con 80 y 160 kg N ha⁻¹ y 960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., rendimiento, dosis, control químico, cero labranza.

ABSTRACT

To reduce excessive application and determine the combined effects of doses of nitrogen (N) and herbicides on the development and production of the rice (*Oryza sativa* L.) variety FONAIAP 1, on condition of zero tillage, a trial was conducted to evaluate the effect of three doses N (40, 80 and 160 kg N ha⁻¹) and four doses of chemical weed control [2 and 4 liter ha⁻¹ of glyphosate® (G)] in pre-emergence, and 2 and 4 liters of G in post-emergency + (6 liter of propanil + 2 liter of bentazon) in post emergency (CP) on grain yield (Rg), plant height (AP), number of stems per m² (NT) and panicles per m² (NP), number of grains per panicle (NG), weight of 1.000 grains (P₁₀₀₀) and N use efficiency by the crop (EUN) were evaluated. A randomised blocks design with 12 treatments and four replications was used. The rice variety was FONAIAP 1, direct seeding on a silt loam soil and watered by flood. The results showed that the variety responded to the application of N above 80 kg ha⁻¹ and significant differences in 160 kg ha⁻¹ Rg, AP, NG and P₁₀₀₀. In chemical control treatments pre and CP, no significant differences in the application of N were detected below 80 kg ha⁻¹, but where there was greater EUN. Best Rg was obtained with 80 and 160 kg N ha⁻¹ and 960 and 1.920 g a.i. G ha⁻¹.

Key words: *Oryza sativa* L., yield, dosage, chemical control, zero tillage.

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el manejo agronómico en arroz (*Oryza sativa* L.) en el sistema conocido como siembra directa o cero labranza (CL), ha sido poca en Venezuela. Para su adopción se considera crítico la integración de factores del clima, manejo de las malezas y la fertilización del cultivo (Mejías, 1995).

En su trabajo con nuevos cultivares, Acevedo *et al.* (2012) señalan la cantidad de semilla utilizada, la fertilización con la preparación de suelos, el control de malezas, las plagas y las pérdidas durante la cosecha, como factores que pueden interferir en el rendimiento del cultivo.

Desde 1970, en el sistema de riego del río Guárico (SRRG), estado Guárico, Venezuela, se siembran variedades modernas de arroz liberadas por el FONAIAP, actualmente Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), que se identifican como: Cimarrón, Palmar, FONAIAP 1, FUNDARROZ PN1, FONAIAP-2000 y Venezuela 21, entre otras (Álvarez *et al.*, 2004; Montoya *et al.*, 2007).

El cultivo se realiza bajo condiciones predominantes de riego por inundación continua y labranza convencional conocido como 'batido' o labranza en agua, caracterizado por excesivo uso de la mecanización, agua e insumos como herbicidas en el control de las malezas y fertilizantes que causan deterioro del ambiente y de los suelos (Sánchez, 1993 y 1995; Rengifo y Márquez, 1993; Vivas y Notz, 2009; Ruiz *et al.*, 2005).

La expresión del potencial de rendimiento de los cultivares de arroz en el SRRG son altos, pero no manifiesta el potencial de cada variedad. Se requiere entre otros factores, de un adecuado y eficiente control de las malezas, para evitar la reducción de su productividad por efecto de la competencia con el cultivo (Páez *et al.*, 1992). El uso indiscriminado de herbicidas ciclo tras ciclo puede originar la evolución de la resistencia de malezas a estos xenobióticos, ocasionando la presencia de especies de malezas resistentes (Fischer, 1994).

Igualmente, se requiere de una óptima aplicación de fertilizantes para suplir los requerimientos de la

planta durante sus diferentes etapas de desarrollo (León y Arregocés, 1985).

El uso de cantidades excesivas de nitrógeno (N), produce un incremento en el follaje, volcamiento, incidencia de enfermedades, retardo en la maduración, y en algunos casos, disminución de los rendimientos y de la calidad del grano (Blanco *et al.*, 1992; Rico *et al.*, 1992; FAO, 2003). Las respuestas en desarrollo y productividad son mayores en la época seca que en la época húmeda o de lluvias (Rico *et al.*, 1987; Carrillo *et al.*, 1992).

La variedad de arroz FONAIAP 1 sembrada en época de lluvia en los estados Guárico y Portuguesa, muestra un comportamiento productivo favorable a la aplicación de bajas dosis de N (menor de 150 kg N ha⁻¹), contrario a la respuesta con otras variedades como Cimarrón (Rico *et al.*, 1987; Rodríguez *et al.*, 2002). Sánchez (1993) en el SRRG comparó su comportamiento productivo bajo labranza de batido (LB) y CL, obteniendo rendimientos superiores en LB atribuida, entre otros aspectos, a la mayor eficiencia en el control de malezas. No obstante, resultados contrarios fueron obtenidos por Salazar *et al.* (2003) bajo condiciones edafoclimáticas en el estado Barinas.

El objetivo de la presente investigación consistió en determinar los efectos combinados o individuales de dosis de N y de herbicidas en el control químico presiembra y post-emergencia de las malezas, sobre el desarrollo y comportamiento productivo de la variedad comercial de arroz FONAIAP 1, bajo condición de CL o siembra directa en el periodo de lluvias 2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido durante el periodo de lluvias del año 1997, en el potrero 72 del campo experimental del INIA Guárico, ubicado en el SRRG del municipio Francisco de Miranda, Calabozo, estado Guárico, Venezuela; con coordenadas 08°31'00 latitud norte, 67°32'00 longitud oeste y altitud de 72 m.s.n.m. El tamaño de parcelas fue de 100 m² (10x10 m) y subparcelas de 16 m² (4x4 m). Las características del suelo y clima durante el ensayo se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Características del suelo de textura franco limosa en el Campo Experimental del INIA Guárico.

Análisis químico del área experimental	
pH (1:25 suelo agua)	5,90
Materia orgánica (%)	0,62 a
Fósforo (ppm)	8,50 b
Calcio (ppm)	318,00 b
Potasio (ppm)	43,00 b
C.E. (litros 5) mm horas/cm a 25 °C	0,018 c
Arena (%)	28,80 d
Limo (%)	45,20
Arcilla (%)	26,00

a) Método Walkley Black; b) Método Olsen; c) Método Cheng Kurtz; d) Método de Bouyoucos (análisis del Laboratorio de suelos y agua del INIA Guárico, Calabozo, Venezuela).

Cuadro 2. Características climáticas del sitio de evaluación y requerimientos para cultivares de arroz tipo Indico. Estación Agrometeorológica Campo Experimental del INIA. Bancos de San Pedro, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Año 1997.

Parámetro	Durante el Ciclo (d)	Requerimientos (d)
Precipitación acumulada (mm)	756,3	> 600
Evaporación acumulada (mm)	612,6 a	500 - 800
Temperatura máxima (°C)	32,1 b	< 35
Temperatura mínima (°C)	22,8 b	> 15
Humedad relativa (%)	80,0	60 - 90
Brillo solar o insolación (horas)	860,5 c	> 500

a) 4,9 mm evaporación por día promedio; b) bajo sombra; c) 6,9 horas promedio por día; d) ciclo 125 días. Yoshida y Parao (1976). Citado por Vargas J.P. 1985.

Se usó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y 12 tratamientos, resultantes de las combinaciones de tres dosis de N (40, 80 y 160 kg ha⁻¹), con cuatro tratamientos por repetición de control químico de malezas en presiembr y post-emergente (CP) con los herbicidas: Glifosato® (G) en presiembr y propanil + bentazon en mezcla CP. Las concentraciones de G fueron 960 y 1920 g i.a. ha⁻¹ (N-fosfometilglicina), correspondiente a 2 y 4 litros de producto comercial, respectivamente.

Para la mezcla CP, la combinación se hizo con 6,0 litros de Propanil® (3',4'-dichloropropionanilide) + 2,0 litros Bentazón [3-isopropil-2,1,3-benzotiadiazin-4-(3H)ona-2,2 dióxido], equivalentes a 2.880 y 960 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, aplicado a los 15 días después de la siembra (DDS) y 3 días antes de la instalación de la lámina de inundación. Los tratamientos consistieron en: T1= 980 g i.a. G ha⁻¹; T2= 1.920 g i.a. G ha⁻¹; T3= 980 g i.a. G ha⁻¹ + CP y T4= 1.920 g i.a G ha⁻¹ + CP.

La siembra se realizó al voleo, manualmente, tal como la realizan los productores en el SRRG, con la variedad de arroz comercial FONAIAP-1, pregerminada, a una densidad de 140 kg ha⁻¹ de semilla y sembrada bajo condiciones de CL. La fertilización con N se fraccionó, el 50% al inicio y 50% como reabono a los 50 días. Para el fósforo y potasio se aplicó el 100% al inicio, equivalente a 90 y 60 kg ha⁻¹, respectivamente.

La inundación del campo y el mantenimiento de la lámina de agua fija a 10 cm de profundidad se mantuvo a partir de los 18 días.

Se midió la variable altura de plantas (AP) y se contó el número de tallos (NT) por m², correspondiente al establecimiento de plántulas a los 18 DDS. En las fases de macollamiento activo e inicio de maduración, se midieron AP y NT, a los 45 y 90 DDS, respectivamente. El conteo e identificación de malezas presentes fue antes y después de cada control químico. Para la cosecha se evaluó AP y los componentes de rendimiento: número de panículas (NP) por m², número de granos (NG) llenos por panícula y pesos de 1.000 granos (P₁₀₀₀); tomando como muestra 10 panículas maduras y secas.

Para estimar el rendimiento de grano (Rg) en kg ha⁻¹ (ajustados el grano al 12% de humedad);

se cosechó un área de 6 m² en cada sub-parcela. Adicionalmente, se calculó la eficiencia de utilización de N (EUN), relacionando kg de arroz producido por kg de N aplicado.

Los resultados se analizaron, con pruebas de estadística paramétrica; análisis de Varianza de Fisher y diferencias entre medias con la prueba de rango múltiple de Duncan, ambas a probabilidad menor de 5% (Machado, 1996). Los datos se tabularon en hoja de cálculo Excel (Microsoft versión 2003) y se procesaron estadísticamente mediante la utilización del programa estadístico Infostat v. 1.1 (InfoStat, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros biométricos y productivos evaluados y su análisis estadístico, se muestran en los Cuadros 3 y 4. En general, al comparar los valores promedios obtenidos, se observó respuestas diferenciales en el desarrollo y producción de la variedad FONAIAP 1, atribuidas al efecto de las dosis de N aplicadas y al incremento de las dosis de G en el control químico presiembr, con la misma tendencia en las mezcla de herbicidas en post-emergencia.

Establecimiento del cultivo

En la etapa de establecimiento (18 DDS), la densidad promedio de plantas fue de 630 plantas por m² con una altura entre 9 y 10 cm, resultados que demuestran una buena emergencia y establecimiento; similares a los reportados con la misma variedad por Páez y Almeida (1994).

Altura de planta

El análisis de varianza (P<0,05), indica que existen diferencias significativas en la AP a los 45 DDS, por efecto individual entre dosis de N y control químico (Cuadro 3); mientras que la prueba de medias (P<0,05) demuestra que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de 40 y 80 kg N ha⁻¹, pero sí con 160 kg N ha⁻¹. A los 45 y 90 DDS, se determinó un incremento en AP (1 cm por cada 10 kg N ha⁻¹) independiente del control químico, siendo mayor al aumentar las dosis de N por encima de 80 kg N ha⁻¹.

Cuadro 3. Efecto de dosis de nitrógeno y herbicidas sobre altura (AP) y números de tallos (NT) en la variedad de arroz FONAIAP 1 en siembra directa y riego por inundación continua. Sistema de riego río Guárico, Venezuela. Período de lluvias, año 1997.

Nitrógeno (kg N ha ⁻¹)	Trat.	Glifosato® (g i.a. ha ⁻¹)	AP (cm)		NT (m ²)	
			45 DDS ¹	90 DDS ²	45 DDS ¹	90 DDS ²
40	T1	960	49	80	449	374
40	T2	1.920	45	87	435	367
40	T3	960 + CP ⁺	45	83	411	359
40	T4	1.920 + CP ⁺	47	88	422	384
80	T1	960	47	83	343	321
80	T2	1.920	45	85	446	306
80	T3	960 + CP ⁺	51	88	428	357
80	T4	1.920 + CP ⁺	51	90	517	429
160	T1	960	57	94	454	297
160	T2	1.92	57	84	409	364
160	T3	960 + CP ⁺	59	89	445	316
160	T4	1.920 + CP ⁺	55	97	634	441
Promedio general			51	87	441	359
CV (%)			8,2	6,1	19,1	29,5
Medias de dosis de nitrógeno (kg N ha⁻¹)						
		40	47 b	84 b	404 b	371 a
		80	49 b	86 b	433 b	353 a
		160	57 a	91 a	485 a	354 a
Medias de dosis de glifosato (g i.a. G ha⁻¹)						
		980	51 a	85 b	415 b	331 b
		1.960	49 a	85 b	306 b	345 b
		980 + CP	51 a	87 b	461 a	344 b
		1.960 + CP	51 a	92 a	491 a	418 a
NxC			NS	*	*	NS

*Más aplicación en post-emergente tardía (18 DDS) de Propanil (equivalente a 2.880 g i.a. ha⁻¹) en mezcla con Bentazón (equivalente a 960 g i.a. ha⁻¹); g i.a.= Gramos de ingrediente activo; DDS= días después de la siembra.

¹Etapas de macollamiento activo; ²Etapas de maduración. NxC= Interacción entre las variables independientes (P<0,05), nitrógeno y control químico. CV= Coeficiente de variación. *= Significativo; NS= No significativo.

Nota: Letras iguales no presentan diferencias significativas al 5% (Duncan).

Cuadro 4. Efecto de dosis de nitrógeno y herbicidas sobre el rendimiento en arroz variedad FONAIAP 1, bajo cero labranza y riego por inundación continua. Sistema de riego río Guárico, Venezuela. Período de lluvias, año 1997.

Nitrógeno (kg N ha ⁻¹)	Glifosato® (g i.a. ha ⁻¹)	Componentes y rendimiento				EUN
		NP	NG	P ₁₀₀₀	(kg ha ⁻¹)	
40	960	357	86	27,2	3.750	93,8
40	1.920	356	92	26,2	4.482	110,8
40	960 + CP ⁺	353	84	27,1	4.616	115,4
40	1.920 + CP ⁺	375	89	28,0	4.930	123,5
80	960	310	90	27,9	3.088	38,6
80	1.92	292	92	26,1	4.485	56,1
80	960 + CP ⁺	345	100	27,1	4.674	58,4
80	1.920 + CP ⁺	411	88	27,4	5.619	70,3
160	960	266	99	27,8	4.771	29,8
160	1,92	288	100	27,8	4.020	25,1
160	960 + CP ⁺	309	90	28,9	5.702	35,6
160	1.920 + CP ⁺	408	96	29,6	5.662	35,4
Promedio general		339	92	28	4.650	66
CV (%)		28	12	5	16,3	-
Medias de dosis de nitrógeno (kg ha⁻¹)						
40		360 a	88 b	27,1 b	4.225 b	105,6
80		339 a	93 ab	27,1 b	4.631 ab	57,9
160		317 a	96 a	28,5 a	5.039 a	31,5
Medias de dosis de glifosato (g i.a. ha⁻¹)						
960		311 b	92 a	27,6 b	3.870 c	54,1
1.920		312 b	95 a	26,7 b	4.256 bc	69,8
960 + CP		335 b	91 a	27,7 ab	4.997 ab	64,4
1.920 + CP		398 a	91 a	28,3 a	5.403 a	76,3
NxC		NS	NS	NS	*	NS

*Más aplicación en post-emergente tardía (18 DDS) de Propanil (equivalente a 2.880 g.i.a. ha⁻¹) en mezcla con Bentazón (equivalente a 960 g i.a ha⁻¹); g i.a= gramos de ingrediente activo. NP= Número de panícula/m²; NG= Número de granos llenos/panícula; P1000= peso d 1.000 granos seco al 12%; EUN= Eficiencia en utilización de nitrógeno (kg arroz/kg nitrógeno aplicado) x 100. NxC= Interacción entre las variables independientes (P<0,05), nitrógeno y control químico; CV= coeficiente de variación; *= Significativo;

NS= No significativo. Nota: Letras iguales no presentan diferencias significativas al 5% (Duncan).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rico *et al.* (1992) en otras variedades, demostrando que existe una respuesta positiva del cultivo en el incremento de la altura de planta a medida que se incrementó las dosis de N por encima de 80 kg N ha⁻¹.

Se determinó una menor AP, cuando se aplicó 960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹ en presiembra, con respecto a los otros tratamientos (960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹ + CP), donde hubo mejor control; lo cual coincide con Castrillo (2000), cuando determinó que con la presencia de malezas durante el periodo comprendido entre 18 a 45 DDS se produjo una reducción en la altura de esta variedad en el SRRG.

Número de tallos

En el Cuadro 3, se observa que el NT fue mayor cuando se combinó el G con CP en comparación con las aplicaciones individuales en presiembra. Hubo interacción entre la fertilización y el control químico en la respuesta durante la etapa de macollamiento activo (45 DDS). Mientras que en el inicio de la maduración (90 DDS) solo hubo un efecto individual del control químico. No se observaron diferencias significativas entre las dosis aplicadas de N equivalentes a 40 y 80 kg N ha⁻¹.

A pesar de que ocurrió un incremento de NT a los 45 DDS (>80 kg N ha⁻¹), no se manifestó una producción significativa de macollos en maduración como respuesta a la aplicación de la dosis de N. Esto corrobora los resultados obtenidos por (Montoya *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2002), quienes indicaron que la variedad FONAIAP-1 presenta una capacidad de macollamiento intermedia, aún aplicando altas dosis (>150 N ha⁻¹), en comparación con otras variedades que presentaron mejor capacidad de macollamiento.

Castrillo (2000), registra una reducción del NT en tratamientos por efecto de la presencia de malezas, siendo mayor a medida que se incrementó el tiempo de interferencia por competencia entre estas y el cultivo, durante la etapa de macollamiento activo (18 a 45 DDS). Esto explicaría la menor producción de tallos en la variedad a los 45 DDS en aquellos tratamientos donde hubo menor eficiencia de control (960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹), y la interacción con la dosis

de N (> 80 kg N ha⁻¹). León y Arregocés (1985) y González *et al.* (1985), indicaron que algunas malezas responden positivamente a la aplicación de N tanto como el cultivo, y en muchos casos muestran mayor eficiencia.

Otro factor determinante fue el incremento de la lámina de agua durante el riego por inundación continua por encima de 10 cm la cual produce una reducción en la formación de macollos. Esto fue evaluado por Monasterio (1999) y Monasterio *et al.* (2012) como resultado de un ensayo realizado con esta variedad en la misma localidad durante el año 1996. Su incremento por la alta ocurrencia de precipitaciones (Cuadro 3), característico por el período de lluvias de la zona o por exceso en el manejo del agua de riego e irregularidad del microrelieve, produjeron profundidades de láminas diferentes, superiores a la indicada durante el ensayo.

Componentes del rendimiento

El efecto individual y algunas interacciones entre las variables estudiadas sobre la respuesta en componentes del rendimiento de la variedad FONAIAP 1, NP, NG y P₁₀₀₀, se muestran en el Cuadro 4.

Número de panículas

No se observaron diferencias significativas en el NP de arroz por m² de cosecha por efecto de la dosis de N, pero sí como respuesta a los tratamientos de control químico. En los tratamientos donde se combinó el control presiembra con el CP se obtuvo el mayor NP, siendo estadísticamente superiores a los obtenidos en los demás tratamientos para las diferentes dosis de N aplicadas.

Existe una correspondencia entre el NP a la cosecha (Cuadro 4) con el NT o macollas totales, determinadas a los 90 DDS (Cuadro 3). Como era de esperarse, a mayor cantidad de NT a los 90 DDS, mayor fue el NP a cosecha en los diferentes tratamientos, destacando alta emergencia y desarrollo de panículas entre 98,5 a 92,7% del total de macollas, o viceversa.

Esto se relaciona más a la efectividad del control químico y al efecto en la presencia de malezas que escaparon al control químico, cuya competencia con la variedad, afectó la producción de la

panícula, lo cual es corroborado por los resultados obtenidos por Castrillo (2000) y Torrealba (2000).

El bajo efecto de la aplicación de dosis crecientes de N en NP, se explica por la característica varietal de macollamiento intermedio, determinadas por Montoya *et al.* (2007) y Rodríguez *et al.* (2002), incluso en aplicación de altas dosis de N ($>190 \text{ kg N ha}^{-1}$). Álvarez (2000) indica que esta variedad y Cimarrón, en el estado Portuguesa, presentaron la mayor capacidad de producción de NP en época de lluvias. Sin embargo, FONAIAP 1 respondió con mayor NP en dosis bajas de N ($> 60 \text{ kg N ha}^{-1}$), similar a lo obtenido en el presente experimento a 40 y 80 kg N ha^{-1} .

Número de granos llenos por panícula

Se encontraron diferencias significativas solo como respuesta a dosis de N. La prueba de comparación de medias de Duncan ($P<0,05$), indica que no existen diferencias significativas entre las medias de NG, donde se aplicó 40 y 80 kg N ha^{-1} , así como entre 80 y 160 kg N ha^{-1} , pero sí entre la menor y la mayor dosis aplicada. Álvarez (2000) obtiene resultados similares en el periodo de lluvias durante el año 1997 en el estado Portuguesa, donde encontró una alta correlación de este componente en esta variedad con los rendimientos finales. Rodríguez *et al.* (2002) indican que esto se debe a que la variedad responde positivamente con mayor NG a la aplicación creciente de N.

Peso de 1.000 granos

En el P_{1000} , se determinó diferencia por efecto individual debido a dosis de N y control químico de malezas. No se determinó interacción entre las variables en la respuesta de la variedad, ya que resultó con menos peso de grano a baja dosis de N ($<80 \text{ kg N ha}^{-1}$), y no manifestó incremento a la aplicación de mayor dosis ($>80 \text{ kg N ha}^{-1}$) en los tratamientos con la menor eficiencia en el control de la malezas (solo 960 g i.a. G), en comparación con los otros tratamientos.

La combinación de bajas dosis de N y la presencia e interferencia de las malezas con el cultivo están relacionadas a las diferencias observadas sobre la reducción en el peso del grano. Comparativamente, fue mayor en los tratamientos

donde el control químico fue más eficiente (960 y 1.920 g i.a. $\text{G ha}^{-1} + \text{CP}$), que en aquellos donde hubo una menor eficiencia (solo G en presiembra), cuando la disponibilidad y aportación de la fertilización con N fue alta (160 kg ha^{-1}). Estos resultados coinciden con los reportados por Ortiz (1997); Torrealba (2000); Rodríguez *et al.* (2002); Montoya *et al.* (2007).

El incremento de NG y el P_{1000} por efecto individual de las dosis de N y por la efectividad del control químico de malezas, tienen una contribución importante en la definición de los rendimientos de la variedad bajo estas condiciones experimentales. El P_{1000} seguido del NG, son los que muestran menos variabilidad y mayor estabilidad dentro de los componentes de rendimientos, corroborado por los bajos coeficientes de variación obtenidos de 5 y 12%, respectivamente, comparado con 28% del NP.

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Montoya *et al.* (2007); Rodríguez *et al.* (2002); Álvarez (2000); Torrealba (2000); Ortiz (1997), quienes indican diferencias estadísticas en el comportamiento de la variedad, tanto en el NG como en P_{1000} , por efecto positivo al incremento de la dosis de N. Ocurrendo algo similar con la efectividad en el control químico (Arregocés, 1986).

Rendimientos en arroz Paddy

La prueba de comparación múltiple de medias de Duncan ($P<0,05$) indicó que no existen diferencias significativas entre las medias de Rg en arroz Paddy (12% de humedad) en los tratamientos donde se aplicaron las dosis de 40 y 80 kg N ha^{-1} , así como, donde se aplicó 80 y 160 kg N ha^{-1} , pero sí entre 160 kg N ha^{-1} y la menor dosis (Cuadro 4) indicando que las dosis óptimas bajo estas condiciones están entre 80 y 160 kg N ha^{-1} .

El Rg promedio aumentó de 4.020 a 5.700 kg N ha^{-1} al incrementar el nivel de N de 80 a 160 kg N ha^{-1} , en los tratamientos donde hubo control químico de malezas pre y CP. A excepción de los tratamientos 40 y 80 kg N ha^{-1} con 960 g i.a. G ha^{-1} sin CP, en los cuales se produjeron los menores Rg promedios, 3.750 y 3.088 kg ha^{-1} , respectivamente (ver Figura).

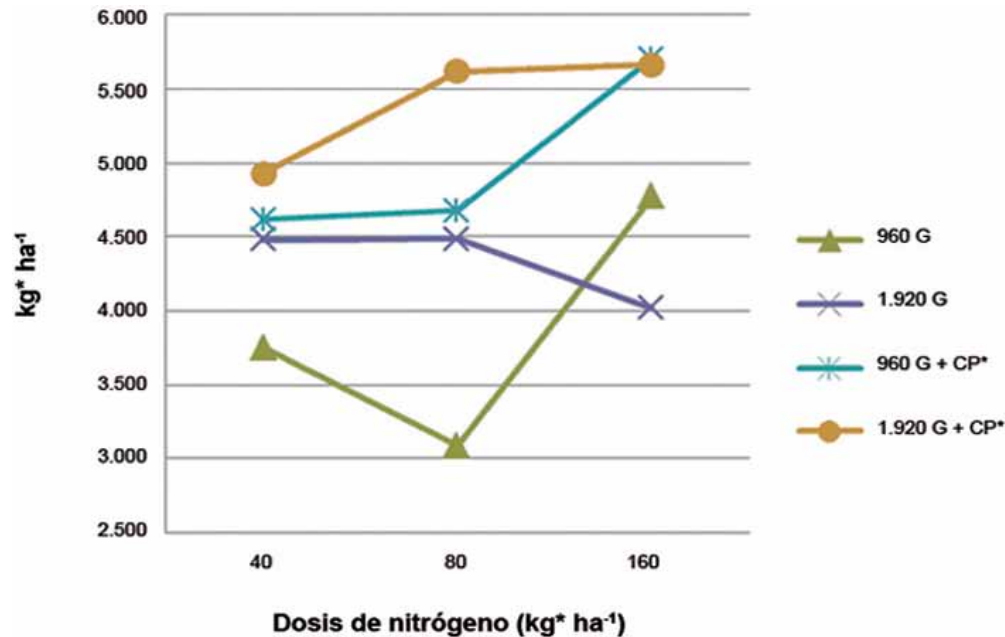


Figura. Efecto de bajas dosis de N y control químico glifosato a dosis de 960 y 1.920 g i.a. ha con y sin control post-emergente sobre el rendimiento (kg ha⁻¹) de la variedad de arroz FONAIAP 1 (ensayo de siembra directa y riego de inundación continua en arroz, SRRG, periodo de lluvias. Año 1997).

Los mayores Rg se obtuvieron por interacción de los tratamientos 80 y 160 kg N ha⁻¹ con 960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹ + CP. La variedad mostró una tendencia a incrementar los Rg a dosis superiores de 80 kg N ha⁻¹, lo cual indica mayor aptitud o eficiencia de la variedad para convertir N en grano, cuando se reduce la competencia con las malezas. Esto coincide con los resultados obtenidos por Rico *et al.* (1992) para esta variedad en ensayos realizados en el SRRG, y corroborado por Rodríguez *et al.* (2002), en el estado Portuguesa, y Salazar *et al.* (2003) en el estado Barinas, en época de lluvia.

Del mismo modo, en la Figura se observa la influencia de las dosis de G en los Rg, relacionado más a la efectividad en el control de las malezas por efecto reforzado de la combinación con el CP, y su interacción con dosis media y alta de N (mayor a 80 kg N ha⁻¹). Solo en las parcelas con fertilización baja y media de N (40 y 80 kg N ha⁻¹) se observó respuesta por efecto aditivo del CP, indistintamente de la dosis de G aplicado en presiembra (960 y 1.960 g i.a ha⁻¹).

La baja efectividad en el control químico de malezas, produce una reducción de los Rg en 29, 45 y 24%, a 160, 80 y 40 kg N ha⁻¹, respectivamente, comparando con la media del mejor control de malezas (Cuadro 4). González *et al.* (1985) indican que la interferencia por competencia es la principal causa de pérdidas en Rg.

Eficiencia de utilización de nitrógeno

Los Rg aumentaron de 3.080 a 5.700 kg ha⁻¹ al incrementar las dosis de N de 40 a 160 kg N ha⁻¹, sin embargo, la EUN tiende a disminuir a la aplicación de dosis crecientes, siendo la más baja en los tratamientos de 160 kg N ha⁻¹ (Cuadro 4). En las subparcelas, en cada tratamiento de control químico, la EUN aumentó a medida que el control de las malezas fue más efectivo para igual dosis de N aplicado.

La mayor y menor EUN fueron obtenidas en 40 kg N ha⁻¹ y 960 G y 160 N + 1.920 G + CP, respectivamente. Álvarez (2000) en un suelo del estado Portuguesa y durante el periodo de

lluvias de 1997, establece una alta EUN en esta variedad respondiendo con mayor producción en granos de arroz paddy por kg de N aplicado en dosis bajas (60 kg N ha^{-1}), en comparación con otras variedades. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que la variedad respondió con mayor EUN aún a la dosis más baja (40 kg N ha^{-1}).

Rodríguez *et al.* (2002) y Rico *et al.* (1992), señalan que existe una correlación lineal positiva en el aumento de rendimientos de la variedad por incremento de dosis de N, acompañado de una correlación negativa en EUN, menor al incremento de kg de arroz paddy producido por kg de N aplicado por encima de 150 kg N ha^{-1} , reportando valores entre 38 y 32 kg por kg N, similares a los obtenidos en el presente estudio.

CONCLUSIONES

La variedad FONAIAP-1 responde al aumento de dosis de fertilizantes, incrementando el rendimiento, con el mismo comportamiento estadístico entre las dosis de 40 a 80 y 80 a 160 kg ha^{-1} de N y distinto patrón con diferencia significativa entre 40 y 160 kg ha^{-1} de N, con una diferencia en rendimiento de 814 kg ha^{-1} , que representa el 16,2% a favor de la dosis de 160 kg ha^{-1} .

La variedad FONAIAP-1, responde al aumento de las dosis de herbicidas incrementando el rendimiento, con el mismo comportamiento estadístico entre las dosis de 960 a $1.920 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, pero significativamente diferentes a medida que disminuye el control de malezas y el rendimiento; con una diferencia de 1.533 kg ha^{-1} que representa el 28,4% a favor de la aplicación CP.

La interacción de los tratamientos 80 y 160 kg N ha^{-1} con 960 y $1.920 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, alcanzaron los mayores rendimientos con 4.997 y 5.403 kg ha^{-1} , respectivamente.

Los componentes del Rg: NP, NG y P_{1000} , fueron estadísticamente iguales para ambos tratamientos.

Se recomienda utilizar la dosis de $960 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, porque el Rg es estadísticamente igual a la dosis de $1.920 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, aunque 7,5% menor en Rg por hectárea, pero se ahorran 960

g i.a. $\text{G ha}^{-1} + \text{CP}$ que representan el 100% de la dosis; además de que contribuye en lo económico con la sustentabilidad del ambiente.

Tomando en cuenta la existencia de la interacción determinada en este experimento, sobre el comportamiento de los parámetros de producción de la variedad, debe considerarse su estudio en las nuevas variedades para adecuar las dosis de herbicidas, porque los resultados indican que se pueden disminuir, al igual que la preparación de suelo y obtener altos rendimientos con sustentabilidad en el cultivo de arroz.

AGRADECIMIENTO

Al INIA, en especial al INIA-Guárico y/a su personal por el apoyo en la realización de este estudio. Igualmente, al Técnico Asociado a la Investigación Arnaldo Chávez por su colaboración en el manejo agronómico y evaluaciones de campo durante el ensayo.

LITERATURA CITADA

- Acevedo B. M. A., M. Salazar, W.A. Castrillo, O. Torres, E. Reyes, M. Navas, R. Álvarez, O. Moreno y E. Torres Toro. 2012. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela. *Agronomía Trop.* 61(1):15-26.
- Álvarez L. 2000. Rendimiento y rentabilidad de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) durante la época lluviosa, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista UNELLEZ de Ciencia y tecnología* 18(1):97-118.
- Álvarez R., O. Moreno, N. Delgado, E. Reyes, M. Acevedo y G. Torrealba. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. (Serie anuales de Cultivo INIA N° 1). Maracay. 202 p.
- Arregocés O. 1986. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Componentes del rendimiento en arroz; Guía de Estudio. Cali, Colombia. 19 p.
- Blanco F., G. Rico y A. Amaya, 1992. Nutrición mineral, suelos y manejo de la fertilización de

- arroz en Venezuela. CIAT-FANAIAP. Unidad de aprendizaje para la capacitación de tecnología de producción de arroz. N° 4. Cali, Colombia. 153 p.
- Carrillo de C. C.E., E. Casanova y G. Rico, 1992. Balance de nitrógeno en arroz de riego en un vertisol del estado Guárico. *Agronomía Trop.* 42(1-2):67-84.
- Castrillo W. 2000. Efecto de la interferencia de *Ecchinoschloa colona* (L.) Link en el rendimiento de arroz *Oryza sativa* (L.) Link en Calabozo. Tesis de MSc en Agronomía. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 47 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Compilado de R.C. Chaudhary, J.S. Nanda y D.V. Tran. Comisión Internacional del arroz. Roma.
- Fisher A. 1994. Resistencia a herbicidas y umbrales de acción para el manejo integral de malezas. *Revista Arroz (Col.)*. pp. 28-34.
- González Franco J., O. Arregocés y E. Escobar Manrique. 1985. Principales malezas en el cultivo del arroz en América Latina. In: E. Tascón y E. García D.(Ed). *Arroz: Investigación y Producción* (Compilación). Centro de Internacional de Agricultura tropical (CIAT)-Naciones Unidas (PNUD). Cali, Colombia. pp. 419-444.
- InfoStat. 2004. InfoStat software Estadístico. Versión 1.1. Universidad de Córdoba, Argentina.
- León J. y O. Arregocés. 1985. Factores que afectan la respuesta a la fertilización nitrogenada del arroz. In: E. Tascón y E. García D. (Ed). *Arroz: Investigación y Producción*. Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Naciones Unidas (PNUD). Cali, Colombia. pp. 307-340.
- Mejías J., 1995. El sistema de siembra sin labranza desde el punto de vista de la conservación del suelo y de las malezas. In: Memoria del II Taller Nacional de Labranza, Sistema de Labranza y Conservación de Suelos. Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". Guárico, Venezuela. pp. 21-33.
- Machado T.,W.S. 1996. Análisis e interpretación de resultados de ensayos de campo con herbicidas. (Conferencia). Memoria SOVECOM. Maracay, Venezuela. pp. 59-66.
- Monasterio Piñero P. 1999. Efecto de la lámina de inundación sobre la producción del cultivo arroz (*Oryza sativa* L.) en SRRG. Tesis de Magister Scientiarum en Agronomía. Guanare, Venezuela. Vice-Rectorado de Agronomía y Conservación. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. 80 p.
- Monasterio Piñero P., L. Lugo, L. Álvarez y H. López. 2012. Desarrollo y producción de arroz (*Oryza sativa* L.) con diferentes profundidades de láminas de agua en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (1). pp. 117-126. Disponible en: <http://udoagricola.udo.edu.ve/V12N1UDOAgr/V12N1Monasterio117.pdf> [Consultado: 15 de diciembre de 2012]
- Montoya M., N. Rodríguez, I. Pérez-Almeida, J. Cova y L. Alemán. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolana. *Agronomía Trop.* 57(4):299-311.
- Ortiz Domínguez, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de MSc. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 p.
- Páez N. O.E. y N. C. Almeida P. 1994. Control Integrado de malezas en arroz bajo riego en el estado Portuguesa. *Agronomía Trop.* 44(2):245-262.
- Páez N. O.E., D. Medina, L. Guerra y W. Martínez. 1992. Las malezas y su manejo en el cultivo del arroz en Venezuela. Unidad de aprendizaje N° 3. Serie de capacitación en tecnología de producción de arroz. CIAT-BID. Cali, Colombia.
- Rengifo A. y J. Márquez. 1993. Efecto del batido y la cero labranza sobre la densidad aparente del

- suelo y su incidencia sobre el crecimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Calabozo, estado Guárico. En situación del cultivo de arroz en Venezuela. Martínez, P. 1998. Fundación Polar. Primera Edición. Caracas, Venezuela. 127 p.
- Rico G., A. Rodríguez, O. Torres, O. Páez, D. Pérez y S. Rico. 1987. Consideraciones necesarias para la obtención de óptimos rendimientos utilizando las variedades de arroz Araure 1, Araure 3 y Araure 4. Informe técnico. FONAIAP. Estación Experimental Guárico. Calabozo. 32 p.
- Rico G., D. Pérez, C. Ledezma, J. Parra y H. Agrinzones. 1992. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en variedades modernas de arroz bajo condiciones de inundación en suelos pesados. *Agronomía Trop.* 42(1-2):41-52.
- Ruiz M., G.S. Díaz y R. Polón. 2005. Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Cultivos Trop.* 26(2):45-52.
- Rodríguez H. A., L. Arteaga de R., R. Cardona, M. Ramón y L. Alemán. 2002. Respuesta de las variedades de arroz FONAIAP 1 y Cimarrón a dos densidades de siembra y dos dosis de nitrógeno. *Bioagro.* 14(2):105-112.
- Salazar M., C. Marín, M. Navas, O. Torres, R. Gutiérrez y J. Crespo. 2003. Efectos del sistema de labranza en el comportamiento de cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado Barinas, Venezuela. *Rev. Fac. Agron.*, 19(3):194-200.
- Sánchez C.E. 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 de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 79 p.
- Sánchez C.E. 1995. El Arroz: Estrategia agrícola y alimentaria en Venezuela. (Compilación). Instituto Universitario de Tecnología de los Llanos. Calabozo, Venezuela. pp. 137-172.
- Torrealba D. 2000. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en el cultivo de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 84 p.
- Vivas L.E y A. Notz. 2009. Plan de muestreo secuencial de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Rev. UDO Agrícola.* 9(4):857-872.