Respuesta del cultivo de Arroz de Secano (*Oryza sativa* L.) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada, Municipio de Yapacani, departamento de Santa Cruz, verano 2015/16.

René Guzmán[1]*, Alfonso Vedia, Lizeth Maquera, Eun Hee Baek, Adrián López & Michel Vales
[1] Coordinador Programa Nacional de Arroz del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)
* e-mail: reneciat@hotmail.com

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo durante la campaña agrícola de verano 2015/16 en el departamento de Santa Cruz, municipio de Yapacani, comunidad Nuevo Horizonte, con el objetivo de determinar la dosis óptima de nitrógeno para una mayor productividad del cultivo de arroz de secano para la comunidad Nuevo Horizonte del municipio de Yapacaní; para el cual se evaluaron diferentes dosis de fertilización nitrogenada 0N; 50N; 100N; 150N; 200N; 250N y 300N (Kg/ha), con siembra de la variedad Mac 18. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. La fertilización de las diferentes dosis de nitrógeno se efectuó a los 36 días después de la siembra con urea (46%) en suelo húmedo, después de una precipitación. El rendimiento de la variedad Mac 18 sometida a las diferentes dosis de nitrógeno presenta una tendencia cuadrática llegando a un máximo de rendimiento de 4246 kg/ha con una dosis optima de 225 kg N/ha donde las condiciones de precipitación pluvial no fueron favorables para el normal desarrollo del cultivo; dosis mayores a esta reducen los rendimientos promoviendo un menor número de macollos productivos.

Palabras claves: Arroz, fertilización, nitrógeno, suelo.

Abstract

The present study was carried out during the summer agricultural campaign 2015/16 in the department of Santa Cruz, municipality of Yapacani, Nuevo Horizonte community, in order to determine the optimal dose of nitrogen for higher productivity of rice cultivation for the Nuevo Horizonte community in the municipality of Yapacani. Different doses of nitrogen fertilization were evaluated 0N; 50N; 100N; 150N; 200N; 250N and 300N (kg / ha), with variety of Mac 18. The experimental design was randomized block design containing 3 repetitions. Fertilization of different doses of nitrogen was performed at 36 days after sowing. The performance of the Mac 18 variety under different doses of nitrogen has a quadratic trend reaching a maximum yield of 4246 kg / ha with an optimal dose of 225 kg N / ha where the conditions of rainfall were not favorable for normal development of the crop. Doses above this reduce yields fewer promoting productive tillers.

Keywords: Rice, fertilization, nitrogen, soil.

Introducción

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. Para el Estado Plurinacional de Bolivia este cereal es considerado como una prioridad para la seguridad alimentaria, el cual es cultivado en el país en una superficie aproximada de 170.000 hectáreas de las cuales el 93% es cultivado en condiciones de temporal y los rendimientos son los más bajos de toda Latinoamérica, por lo que es de mucha importancia la necesidad incrementar los rendimientos por unidad de superficie.

Al igual que otros cultivos, el nitrógeno es el principal factor limitante en la producción del cultivo de arroz. Su disponibilidad se considera esencial por ser un componente básico en todas las moléculas orgánicas involucradas en el crecimiento y desarrollo vegetal (Salas, 2003). El nitrógeno es un constituyente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleicos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento en el tamaño de la planta y número de macollos) y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panícula, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano (Dobermann y Fairhurst, 2005). Las dos formas como el nitrógeno puede ser absorbido por las plantas son amonio (NH4+) y nitrato (NO3-), principalmente obtenidos de los fertilizantes nitrogenados y la mineralización de los residuos de cosecha y la materia orgánica del suelo. En mayor proporción que en otros cultivos, la productividad del arroz depende de la disponibilidad y eficiencia en la absorción de nitrógeno, tanto por su contribución directa como por permitir la absorción de otros nutrientes (Norman, *et. al*., 2003; Ramírez, 2001). La concentración de nitrógeno en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de biomasa del cultivo. Cuando se aplica suficiente nitrógeno se incrementa la demanda de otros macronutrientes como P y K (Dobermann y Fairhurst, 2005). El objetivo del estudio fue determinar la dosis óptima de nitrógeno para una mayor productividad del cultivo de arroz de secano para la comunidad Nuevo Horizonte del municipio de Yapacaní.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en el municipio de Yapacaní comunidad Nuevo Horizonte de la provincia Ichilo del departamento de Santa Cruz, ubicado a 17° 16′ 53″ de latitud sur y 64° 07′ 08″ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 257 msnm con una precipitación media anual de 1950 mm, con suelos de predominancia de franco arcillo limoso.

El muestreo de suelo para análisis físico químico de la parcela se realizó en forma de zig zag tomando 25 sub muestras, que posteriormente fue homogenizada y tomada una muestra de 1 kg para su análisis físico químico en el laboratorio de suelos de CETABOL. Posteriormente se efectuó un estudio del perfil del suelo.

El ensayo de respuesta a la fertilización constó de siete tratamientos con diferentes dosis de fertilización nitrogenada de: 0N; 50N; 100N; 150N; 200N; 250N y 300N (kg/ha), en cultivo de arroz con la variedad Mac 18. El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue constituida de una parcela de 2 m de ancho por 5 m de largo haciendo un área de investigación por parcela de 10 m2. La siembra se realizó el 6/10/2015 distribuyendo la semilla al voleo a razón de 90 kg de semilla/ha. La fertilización de las diferentes dosis de nitrógeno se efectuó 36 días después de la siembra con urea al 46% cuando el suelo tenía buena humedad, después de una lluvia distribuyendo el fertilizante de forma manual al voleo. El control de malezas se efectuó en forma química con el herbicida Bispiribac sodium 20% en dosis de 0,3 kg/ha. Para la cosecha se tomó un área de 10 m2. Las variables en estudio en el experimento fueron: días a floración, altura de planta, panículas/m2, número de granos/panícula, peso de mil granos, centro blanco, porcentaje de grano entero, porcentaje de grano partido, rendimiento de grano e incidencia de las principales enfermedades (*piricularia en hoja; piricularia en panícula; helmintosporium, escaldado de la hoja y manchado de grano*). Para el análisis estadístico se realizó de acuerdo al modelo matemático de bloques completos al azar con análisis de tendencia.

Resultados y discusión

Los diferentes estudios de análisis físico y químico de los suelos y estudio de los perfiles de suelo en la comunidad Nuevo Horizonte del municipio de Yapacaní pudo evidenciar en los diferentes suelos un horizonte A superficial que varían de 20 a 22 cm, con una estructura de tipo granular, con raíces abundantes de desarrollo normal y pocas manchas de oxidación y textura franco arcillo limoso; en cambio en el horizonte B presenta textura franco limoso con elevados grados de oxidación de hierro que presentan colores rojisos, anaranjados y amarillentos, acentuándose más la intensidad de las oxidaciones de hierro a mayor profundidad (Figura 1). Los óxidos de hierro en el suelo son importantes, ya que no existe prácticamente un suelo donde no se encuentren, aunque sea en pequeñas cantidades (Acevedo, *et. al*., 2004).

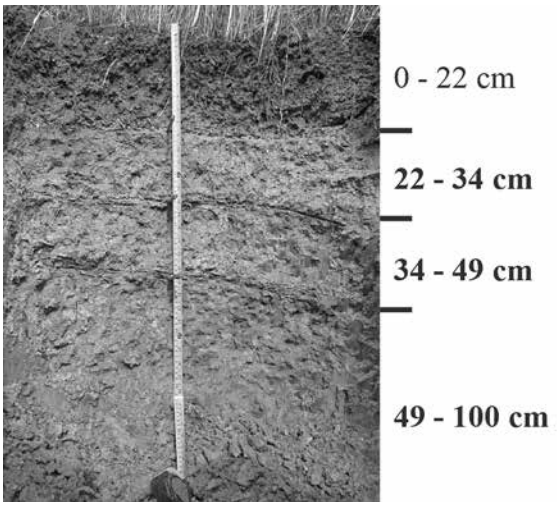

Figura 1. Estudio del perfil de suelo, comunidad Nuevo Horizonte, Municipio de Yapacaní. Santa Cruz, 2015.

Los resultados de los análisis químicos del suelo de la comunidad Nuevo Horizonte se presentan en el Cuadro 1 muestran los siguientes resultados: muy bajo contenido en fósforo, azufre, potasio y calcio; bajo contenido de materia orgánica, sodio, zinc, magnesio y boro; contenidos moderados de nitrógeno y cobre; altas cantidades de hierro y manganeso. pH acido de 5,7; estos resultados muestran un suelo de baja fertilidad.

Cuadro 1. Resultados del análisis físico químico de suelos. Municipio de Yapacaní, comunidad Nuevo Horizonte. Santa Cruz, 2015.

Parametros	Unidad	Resultados			
Profundidad de muestreo	cm	0 - 20		20 - 40	
Textura		FVL	Franco arcillo limoso	FL	Franco limoso
pH-H20 (1-5)	---	5,7	ácido	6,24	ácido
Conductividad eléctrica; 1:5 (C.E.)	umho/cm	8,37	no salino	9,37	no salino
Materia orgánica (MO) total	g/kg	24,52	bajo	4,01	muy bajo
Materia orgánica (MO) oxidable	g/kg	18,86	bajo	3,09	muy bajo
Nitrogeno total (N)	g/kg	1,5	moderado	0,65	bajo
Relación C/N	---	9,48		3,58	
Nitrogeno disponible	mg/kg	36,44	moderado	13,62	muy bajo
Fósforo Olsen(P)	mg/kg	2,04	muy bajo	0,69	muy bajo
Azufre (S)	mg/kg	2,29	muy bajo	3,02	muy bajo
Potasio intercambiable (K)	cmolc/kg	0,15	muy bajo	0,13	muy bajo
Calcio intercambiable(Ca)	cmolc/kg	1,54	muy bajo	0,64	muy bajo
Magnesio intercambiable(Mg)	cmolc/kg	0,59	bajo	1,72	alto
Sodio intercambiable(Na)	cmolc/kg	0,33	bajo	0,79	moderado
Acidez intercambiable (H + Al))	meq/100g	2,137		5,443	
Aluminio intercambiable (Al)	meq/100g	2,04		5.24	
Cap. Inter. Cationico efectivo (CIC)	cmolc/kg	6,91		14,13	
Hierro (Fe)	mg/kg	61,25	muy alto	18,31	moderado
Manganeso (Mn)	mg/kg	32,88	muy alto	11,38	moderado
Zlnc (Zn)	mg/kg	0,86	bajo	0,61	bajo
Cobre (Cu)	mg/kg	0,87	moderado	0,85	moderado
Boro (B)	mg/kg	0,1	bajo	0,05	bajo

Los datos climáticos registrados durante el experimento muestran una precipitación pluvial de 871 mm con una mala distribución de las lluvias durante el desarrollo del cultivo que influyó en las mermas de los rendimientos, en tanto que las temperaturas registradas estuvieron dentro los óptimos con una media de 28 ˚C.

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de las características agronómicas de la variedad Mac 18 con las diferentes dosis de fertilización nitrogenada. El análisis de varianza efectuado para el ensayo muestra una tendencia lineal negativa para días a floración a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno disminuyo los días a floración, en cambio que para las características número de granos por panícula, porcentaje de grano entero la respuesta fue lineal positiva aumentando el número de granos por panícula y el porcentaje de grano entero a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno; sin embargo la longitud de grano, el número de panículas por m2 y rendimiento de grano muestran una respuesta cuadrática.

Cuadro 1. Promedios de los resultados del ensayo de la respuesta a la fertilización de nitrógeno. Nuevo Horizonte. Verano 2015/16.

Dosis de nitrogeno	Fl	ap	Acame (%)	enfermadedes					Pan/m2	ngp	p-1000	calidad de grano				Rdto. (kg/ ha)
(kg/ha)				Bl	Bs	LSc	PB	Gd				LG	CB	% Entero	% Partido	
0	127	91	1,0	1	3	1	1	3	314	91	26,90	7,540	10,0	45,4	17,8	2767
50	127	97	1,0	1	3	1	1	1	309	100	27,47	7,667	15,5	45,5	18,5	3223
100	124	101	1,0	1	3	1	1	1	425	102	27,87	7,893	13,5	47,1	18,2	3047
150	123	113	1,7	1	3	1	1	3	411	115	28,67	7,827	12,3	46,8	17,0	3917
200	119	115	11,3	1	3	1	1	3	461	131	29,87	7,860	9,5	50,0	16,2	4425
250	118	114	11,7	1	3	1	1	3	416	122	27,71	7,817	7,9	50,7	15,2	4110
300	116	118	18,7	1	3	1	1	3	369	122	28,43	7,657	6,3	52,4	15,0	3978
Promedios	**122**	**107**	**6,0**						**392**	**112**	**18,43**	**7,760**	**10,7**	**48,3**	**16,9**	**3767**
Prob. Tratamiento	0.001**	0.001**	0.001**						0,07 ns	0,009**	0,115 ns	0,001**	0.001**	0.002**	0.066 ns	0,021*
Lineal	0.001**	0.001**	0.001**						0,077 ns	0,001**	0,107 ns	0,008**	0.001**	0.001**	0,003**	0,001**
Cuadratica	0,547ig	0,008**	0,001**						0,006**	0,126	0,092 ns	0,001**	0.001**	0.135	0,391 ns	0,035*
DMS (5%)	3.975	5.883	2.409						84,3	20,12		0,139	2.493	3.274	2,68	915,3
CV (%)	1,8	3,1	19,5						12,1	10,1	4,3	1,00	13,1	4,3	8,9	13,7

Referencia: FL = días a floración; AP = altura de planta (cm); pan/m2 = panículas/m^2; NGP = número de granos/panícula; P-1000 = peso de mil granos (g); LG = longitud de grano (mm); CB = centro blanco, % Entero = grano entero después de molinería (%); % Partido = grano partido después de molineria (%); *Rdto = rendimiento; BI = piricularia en hoja; Bs = helmintosporiosis; LSc = escaldado de hoja; PB = piricularia en panícula; Gd = manchado de grano.*

El rendimiento promedio para el ensayo fue de 3767 kg/ha con una respuesta significativa para las dosis de nitrógeno, con un coeficiente de variación de 13,7%.

El análisis de tendencia efectuado muestra una respuesta cuadrática para el rendimiento de grano con un coeficiente de determinación de R2 = 0.96, lo que explica que el 96 % de la variación del rendimiento fue por efecto de la fertilización nitrogenada, llegando a un máximo rendimiento de 4246 kg/ha con una dosis optima de 225 kg N/ha, dosis mayores a esta promueven una reducción en el número de panículas por metro cuadrado y por ende en el rendimiento (Figura 2). La respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de nitrógeno está condicionada por diferentes factores (temperatura, radiación solar, riego, y nutrientes del suelo) que interactúan con la dosis de nitrógeno y fósforo aplicado (Lavecchia, 1991).

Diversos autores señalan que solo un 40 % del fertilizante nitrogenado aplicado al suelo es absorbido por las planta y las pérdidas más importantes son producidas por denitrificacion

y volatilización. La mayoría del NH4+ absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el NO3- es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de la planta. El NO3- también puede contribuir a mantener el balance entre aniones y cationes, y la osmoregulación. Para cumplir sus funciones esenciales como nutriente de la planta, el NO3- debe reducirse a NH4+ por la acción del nitrato y nitrito reductasa. El N es requerido durante todo el periodo de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta desde el macollamiento activo 30 días después de la siembra y al inicio de la formación de la panícula. El N es móvil dentro de la planta porque se transloca de las hojas viejas a las hojas jóvenes y los síntomas de deficiencia tienden a ocurrir primero en las hojas bajeras (Dobermann y Fairhurst, 2005).

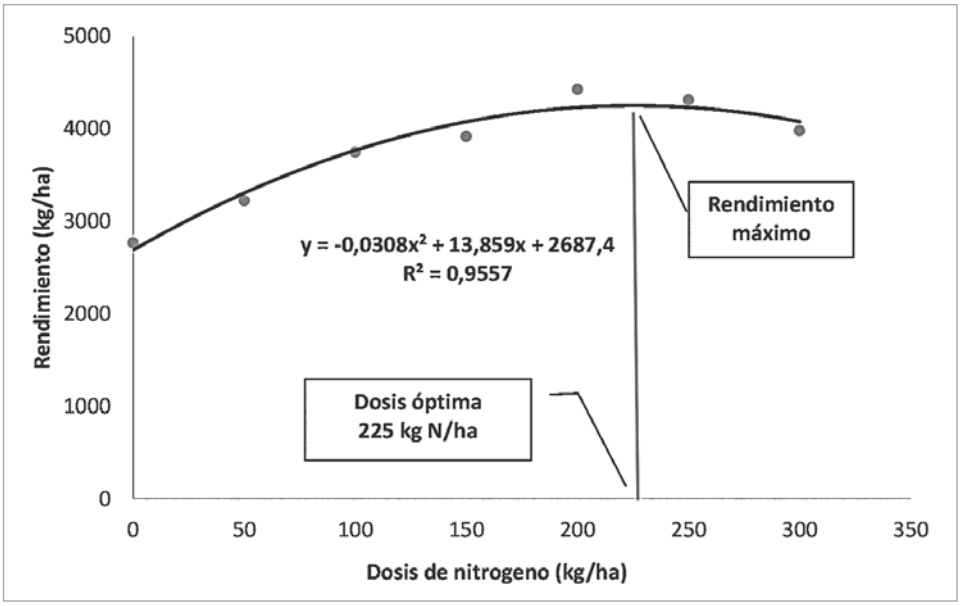

Figura 2. Análisis de tendencia para rendimiento de grano de la variedad Mac 18 con diferentes dosis de nitrógeno. Nuevo Horizonte. Verano 2015/16.

Conclusiones

El análisis de tendencia presento una respuesta lineal negativa para días a floración disminuyendo los días a floración con el incrementó de la dosis de nitrógeno, en cambio para las características número de granos por panícula y porcentaje de grano entero la respuesta fue lineal positiva aumentando los granos por panícula y el porcentaje de grano entero con el incremento de la dosis de nitrógeno. La respuesta a las diferentes dosis de fertilización fue cuadrática para las variables longitud de grano, número de panículas por m2 y rendimiento de grano.

La dosis óptima de nitrógeno en el experimento fue de 225 kg/ha para lograr una productividad de 4246 kg/ha con la variedad Mac 18.

Referencias citadas

- acevedo, O., E. Ortiz, M. Cruz, y E. Cruz. 2004. El papel de óxidos de hierro en suelos. Tierra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México vol. 22, núm. 4, pp. 485-497.
- Dobermann, A. y T. Fairhurst. 2005. Manejo del nitrógeno en arroz. Informaciones agronomicas No. 58. Instituto de la potasa y el fosforo, IMPOFOS. Quito Ecuador.
- Lavecchia, A. 1991. Arroz: Fertilización nitrogenada en la zona norte del pais. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Serie técnica N° 17. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 20 p.

- Norman, R., C. Wilson, N. Stalon, 2003. Soil fertilization and mineral nutrition in U.S. mechanized rice culture. In: Smith C.W., Dilday, R. H. eds. Rice, origin, history technology and production. New Jersey. USA. pp. 331 – 413.
- Ramirez, C. 2001. Nutrición nitrogenada. In: Villalobos E. ed. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. EUCR. Universidad de Costa Rica, San José. pp 203- 224.
- Salas, C. 2003. Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes. In: Melendes G., Molina E. eds. Fertilizantes: características y manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR. San José. PP 1-19.