

RESPUESTA DEL ARROZ A DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE NITROGENO EN LOS LLANOS DE COCLE.

Luisa Martínez R¹, Benjamín Name T², Juan F. Díaz C.³
Alvaro Cordero⁴

RESUMEN

Se estudió bajo condiciones de laboratorio e invernadero, la fertilidad de los suelos del Subcentro Experimental Llanos de Coclé, clasificados como Aerico Tropaept. Los suelos mostraron respuesta al N, P, K y S, según prueba biológica; mientras que a nivel de campo sólo mostraron respuesta al N, P y K. Considerando los resultados anteriores, se estudió bajo condiciones de campo, en el mismo suelo, la respuesta del arroz a diferentes fuentes (urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio) y dosis de N (0, 40, 80, 120 y 160 kg N/ha) utilizando la variedad Cica 8. Se empleó un diseño de parcelas divididas con 15 tratamientos. El análisis combinado de los resultados de dos años de estudio (1985 y 1986), mostró respuesta positiva de la variedad Cica 8 a la aplicación de N hasta una dosis de 120 kg de N/ha, con rendimientos superiores a 4200 kg/ha de arroz. Dosis mayores a ésta disminuyen los rendimientos. No se encontró diferencias entre las fuentes de N. Tampoco se encontró un efecto significativo de la interacción dosis por fuente de nitrógeno, por lo que se estableció que la respuesta de Cica 8 a diferentes dosis de nitrógeno, es independiente de la fuente nitrogenada. Económicamente, la mejor fuente a usar es la urea, por su bajo costo y alto contenido de nitrógeno.

RESPONSE OF RICE TO DIFFERENT SOURCES AND DOSES OF NITROGEN IN THE PLAINS OF COCLE

The fertility of the soil of the Llanos de Cocle Experimental Station, classified as Aerico Tropaept, was studied under laboratory and greenhouse conditions. The soils showed response to N,P,K and S according to biological test, while only showing response to N, P and K in the field. Considering previous results, the response of rice to different sources (urea, ammonium sulphate, and ammonium nitrate) and doses of N (0, 40, 80, 120 and 160 kg N per ha) was studied under field conditions using the Cica 8 variety. A divided parcel design with 15 treatments was used. The combined analysis of the results of two years of study (1985 and 1986) show positive response of the Cica 8 variety to the application of N up to a dose of 120 kg of N per ha, with yields of over 4200 kg per ha of rice. Doses greater than 120 kg of N/ha reduce the yield. No differences were found among the sources of N. Neither was a significant effect of the interaction between doses and nitrogen source found, which established that the response of Cica 8 to different doses of nitrogen is independent of the nitrogen source. Economically, the best source is urea, because of its low cost and high nitrogen content.

En los Llanos de Coclé, el arroz es la principal actividad agrícola debido a que sus suelos poseen las características topográficas

y de drenaje para la misma. Anualmente se siembran 12,000 hectáreas, con una producción total de 650,000 quintales y un

¹ Ing. Agr. Investigador, Centro Experimental de Penonomé, IDIAP, ²M.Sc. Edafología, Director Nacional del Centro de Investigación Agrícola, Divisa, IDIAP, ³Agr. Investigador, Centro Experimental de Penonomé, IDIAP. ⁴Ph.D. Edafología, Asesor Universidad de Rutgers.

promedio de 54.16 qq/ha. Sin embargo, el potencial productivo de estos suelos es bajo, dada las condiciones físico-químicas de los mismos y el uso intensivo a que han sido sometidos. De allí que sea indispensable que el manejo técnico de los correctivos como la cal y fertilizantes, sea el más eficiente, para disminuir los costos de producción y aumentar la productividad del rubro.

De los macroelementos necesarios para el desarrollo óptimo del cultivo del arroz, el nitrógeno (N) es el más significativo. Matsushima (1964) indica que a la planta de arroz se le debe suministrar tanto N como necesite en las etapas temprana y mediana de formación de renuevos, para que desarrollen al máximo el número de panojas; éstas siguen necesitando N, incluso en la etapa de maduración. León (1960) por su parte, sostiene que la planta de arroz necesita N durante todo el ciclo vegetativo.

Entre los aspectos fundamentales que determinan la eficiencia del fertilizante nitrogenado sobresalen las dosis y fuentes empleadas. Estos factores utilizados en forma eficiente brindan un mayor rendimiento agrícola por área de arroz sembrada.

De Data y Magnaya (1969) informan que no hay diferencias significativas entre el sulfato de amonio y la urea, y que la eficiencia de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo y del método de aplicación. Sin embargo, Gómez (1977) indica que la urea supera en un 114 a 118 % el contenido de N del sulfato de amonio. Esta ventaja se debe considerar al relacionarla con el costo de transporte y aplicación. Además, la acidez que produce un kilogramo de nitrógeno en el caso del sulfato de amonio, es casi el triple de la producida por un kilogramo de nitrógeno

procedente de la urea.

El nitrógeno también tiene una alta incidencia en los rendimientos. Así lo demuestran Vergara y Tejeira (1978), quienes encontraron que la variedad de arroz CR-1113 responde positivamente a las aplicaciones de 60 kg de N/ha, dosis superiores disminuyen los rendimientos. Por otra parte, Name *et al.* (1980) encontraron que los niveles de 100 y 120 kg de N/ha son los más adecuados para la variedad de arroz Anayansi.

En Colombia, Vargas y Nossa (1980) obtuvieron los mejores rendimientos con la aplicación de 200 kg de N/ha utilizando la variedad Cica 8, mientras que García y Vargas (1982) los obtuvieron con 90 kg de N/ha, con la misma variedad.

En Costa Rica, de acuerdo a Cordero (citado por González V. y Murillo, 1981), alrededor del 75% de los ensayos del Ministerio de Agricultura han demostrado respuesta positiva al N y su efecto está fuertemente ligado al tipo de planta de arroz.

Teniendo en consideración los antecedentes planteados, se diseñó el presente trabajo con el objetivo de determinar la dosis y fuente nitrogenada más adecuada requerida para el cultivo del arroz en Los Llanos de Coclé.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Subcentro Experimental Llanos de Coclé, localizado a 8° 28' de latitud Norte y 80° 22' de longitud Oeste y elevación de 55 msnm. El suelo donde se estableció el ensayo se clasifica como fino, mezclado, isohipertérmico

Aeric Tropaguept (Bryant *et al*, 1983; Jaramillo, 1987), el contenido de materia orgánica, fósforo, zinc y manganeso es bajo; mientras que el hierro es alto y el aluminio intermedio (Cuadro 1).

Las fuentes nitrogenadas utilizadas fueron urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio en dosis de 0, 40, 80, 120, y 160 kg/ha. Las aplicaciones se hicieron al voleo en tres épocas: siembra, macollamiento e inicio de primordio floral. El fósforo (P_2O_5) y el potasio (K_2O) se aplicaron en dosis de 70 y 25 kg/ha, respectivamente tomando en cuenta los resultados de pruebas de invernadero, de campo y análisis de suelo.

Se utilizó el diseño experimental de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Se evaluaron 15 tratamientos en arreglo factorial de tres por cinco, donde la parcela grande representó la fuente nitrogenada y las pequeñas las dosis de nitrógeno. El tamaño de la parcela fue 10 m² (10 surcos de 5 m de largo, separados 20 cm entre sí). La variedad utilizada fue Cica 8, a una densidad de 150 kg/ha.

Para evaluar los tratamientos se utilizaron los datos de volumen de cosecha obtenidos en los dos años y se sometieron al análisis estadístico combinado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados mostraron una respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada empleando diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. No hubo diferencia significativa entre las fuentes nitrogenadas utilizadas. Este resultado concuerda con otras investigaciones realizadas en arroz en el trópico, donde al estudiar diferentes fuentes nitrogenadas, no se encontraron diferencias entre ellas. Los valores promedios de rendimientos para cada una de las fuentes se muestran en el Cuadro 2. Cabe destacar, que a pesar de no haber diferencias significativas entre las tres fuentes nitrogenadas, las parcelas que recibieron sulfato de amonio presentaron un color verde más intenso durante el período vegetativo, y mostraron mayor susceptibilidad al ataque de piricularia (Cuadro 3).

Cuadro 1. Características Químicas y Físicas del Suelo del Subcentro Experimental LLanos de Coclé.

Textura	pH	M.O. %	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
			$\mu\text{g/ml}$		$\text{meq}/100\text{ml}$			$\mu\text{g/ml}$			
FARA	5.3	1.61	10.5	92	3.96	0.76	0.6	10	78	0.4	6.0
Ac.	B	B	B	M	M	M	M	B	A	B	M

FARA = Franco areno arcilloso

Ac = Acido

A - B - M = Alto, Bajo, Medio.

Cuadro 2. Rendimientos Promedios en Arroz Utilizando Tres Fuentes y Cinco Dosis de Nitrógeno. Coclé 1985-1986.

Fuente	Dosis de Nitrógeno kg/ha	Rendimiento Kg/ha
Urea	0	2514.6
	40	3567.0
	80	3851.4
	120	4249.2
	160	4040.6
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	2141.0
	40	3528.7
	80	3932.5
	120	4190.5
	160	4175.0
NH_4NO_3	0	2385.5
	40	3258.7
	80	3983.1
	120	4248.1
	160	3825.4

Cuando se estudiaron las dosis de nitrógeno se encontró diferencias altamente significativas entre ellas. El rendimiento obtenido con las dosis de 80, 120 y 160 kg/ha no difiere entre sí. No obstante, cuando se utilizó la dosis de 40 kg de N/ha hubo un incremento de 1000 kg de arroz sobre el tratamiento testigo. Posteriormente, los incrementos decrecieron cuando se empleó 80 y 120 kg de N/ha; dosis mayores a 120 kg N/ha mostraron una disminución de los rendimientos. El mejor rendimiento promedio se obtuvo con la dosis de 120 kg de N/ha (4249 kg/ha) empleando urea y el menor rendimiento con la dosis de 0 kg de

N/ha (2141 kg/ha), del tratamiento sulfato de amonio (Cuadro 4).

El análisis de varianza de los tratamientos mostró diferencias altamente significativas entre las repeticiones. El coeficiente de variación de 20% muestra que parte de la heterogeneidad del suelo se fue en variaciones en las repeticiones. También se observa diferencias altamente significativas entre los rendimientos de un año y otro. Los mejores rendimientos se obtuvieron durante 1986 (Figura 1) producto de una mejor distribución de lluvias (Figura 2).

Cuadro 3. Incidencia de *Pyricularia oryzae* por Fuentes y Dosis de Nitrógeno. Coclé 1985-1986.

Fuente	Dosis kg/ha	Incidencia de <i>Pyricularia</i> ¹		
		1985	1986	Promedio
Urea	0	1.2	2.0	1.6
	40	2.7	3.0	2.8
	80	3.0	4.0	3.5
	120	3.0	5.0	4.0
	160	5.7	6.0	5.8
(NH ₄) ₂ SO ₄	0	1.7	2.0	1.8
	40	2.7	3.0	2.8
	80	3.2	3.0	3.1
	120	4.7	5.0	4.8
	160	5.5	7.0	6.2
NH ₄ NO ₃	0	2.0	3.0	2.5
	40	2.7	4.0	4.7
	80	3.7	5.0	6.8
	120	4.7	6.0	7.7
	160	6.0	6.0	6.0

¹ Escal de 1 - 9: 1 = Resistente 9 = Susceptible

El análisis de la interacción fuente por dosis de nitrógeno indicó que no hubo diferencia significativa, lo cual demuestra que el tipo de respuesta de las dosis de nitrógeno es igual para cualquiera de las tres fuentes empleadas. Tampoco se encontró diferencia significativa en la interacción fuente por año y dosis por año (Cuadro 4).

Adicional, al análisis de varianza se realizó un análisis de regresión para estimar el modelo que se ajustaba al efecto de las dosis de nitrógeno en el rendimiento. Walker y Bejarano (1978) reportan que los modelos

curvilíneos más importantes de uso actual sobre la respuesta a los fertilizantes son el cuadrático, raíz cuadrada y funciones logarítmicas. El modelo de regresión que mejor se ajustó fue el cuadrático $Y = B_0 + B_1N + B_2N^2$ con valores estimados de $Y = 2369.56 + 30.3069 N - 0.1252 N^2$ (Figura 3). El coeficiente de determinación del modelo fue $R^2 = 0.966$, y el nivel de significancia de los coeficientes de regresión fue $P < 0.0001$ que son altamente significativos. Con ello queda demostrado que el efecto del nitrógeno es significativo en el aumento de la producción de arroz.

Murayama (1975) obtuvo resultados similares en el Japón para un período de 18 años, donde se encontró una alta correlación positiva ($R^2=0.932^{***}$) entre el rendimiento y la cantidad aplicada de fertilizante nitrogenado.

Con el modelo estimado se calculó el óptimo físico utilizando derivadas parciales, lográndose el máximo rendimiento esperado con dosis de 121.03 kg N/ha. Y el óptimo económico se estimó igualando las derivadas parciales a la relación costo del insumo sobre precio del producto, obteniéndose el máximo económico con 113 kg N/ha con la urea.

Cuadro 4. Promedio del Rendimiento para Fuentes y Dosis de Nitrógeno por Año. Las Lajas. 1985-1987.

Fuente	Rendimiento Kg/ha
Urea	3644.56
$(NH_4)_2SO_4$	3593.54
NH_4NO_3	3540.16

Dosis de Nitrógeno Kg/ha	Rendimiento Kg/ha	Letra
120	4229.29	a
160	4013.67	a
80	3922.33	a
40	3451.40	b
0	2347.00	c

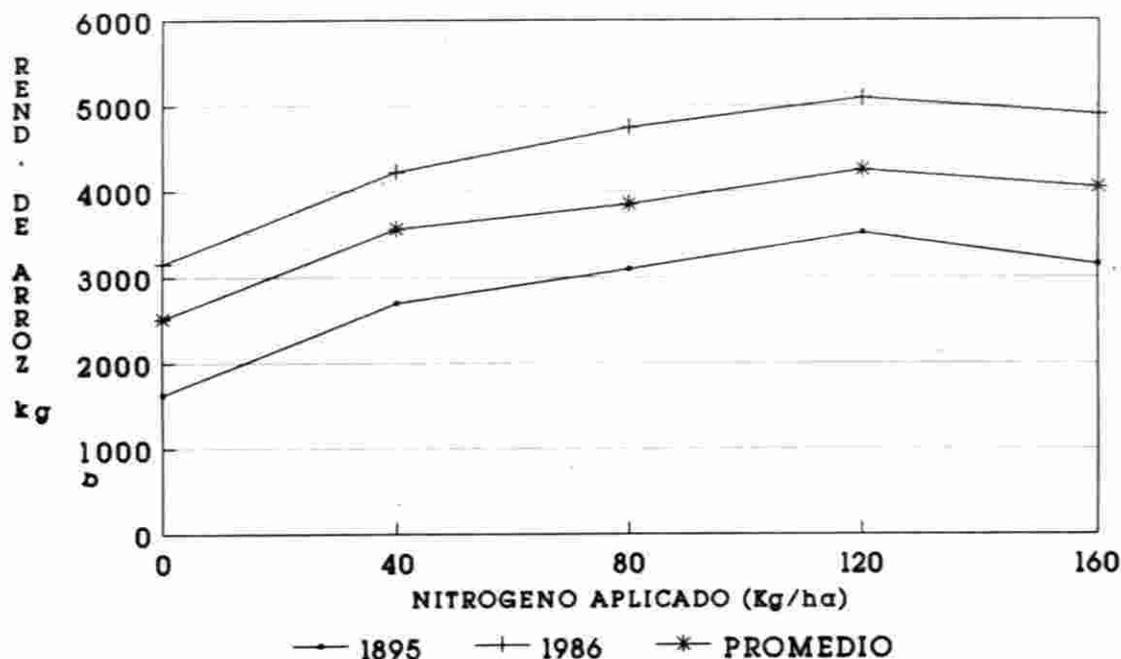


Figura 1. Fertilización Nitrogenada en Arroz. Llanos de Coclé, Penonomé. 1985 - 1986

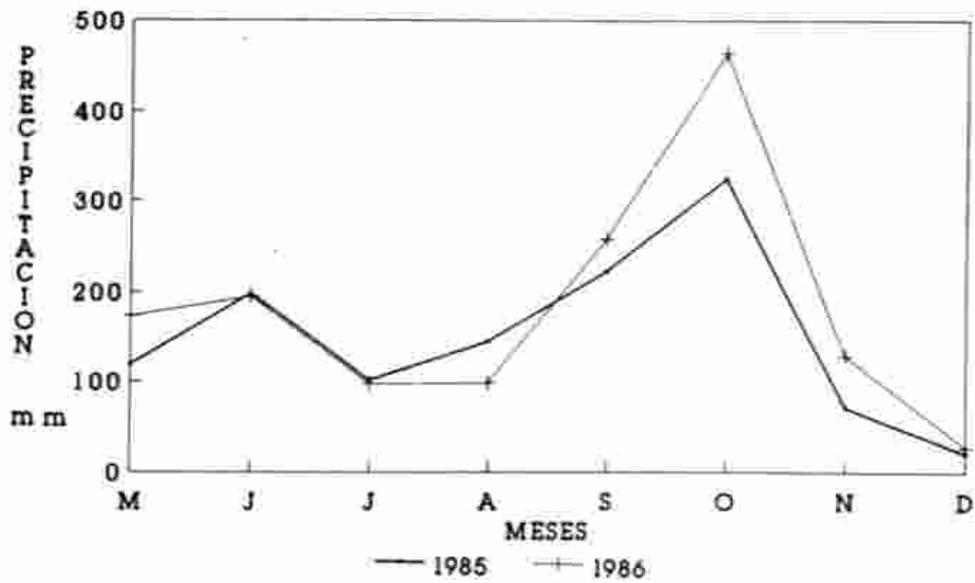


Figura 2. Precipitación Pluvial (mm). Las Lajas. 1985 - 1986.

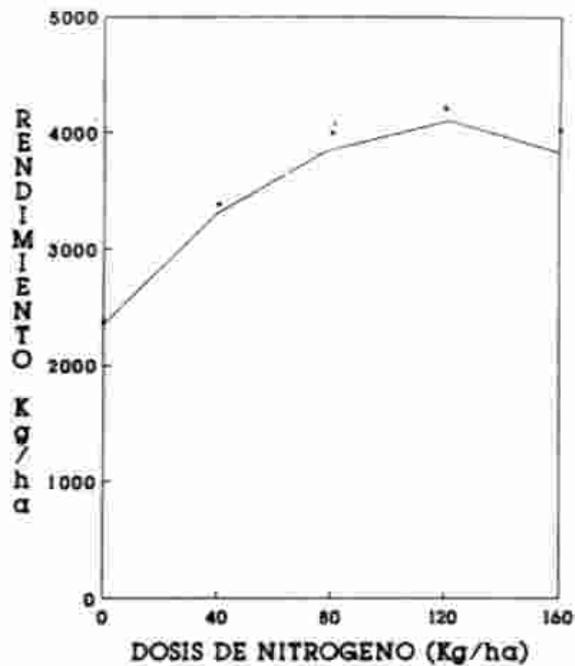


Figura 3. Efecto de las Dosis de Nitrógeno en los Rendimientos de Arroz. Los Llanos de Coeló. 1985-1986.

CONCLUSIONES

1. La variedad de arroz Cica 8 mostró una respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno, empleando diferentes fuentes y dosis.
2. No hubo diferencia significativa entre los rendimientos al utilizar las distintas fuentes de nitrógeno, lo que sugiere que debe emplearse la fuente menos costosa.
3. Hubo diferencias altamente significativas entre las dosis de nitrógeno utilizadas. Las dosis de 80, 120 y 160 kg/ha obtuvieron los mayores rendimientos y no difirieron entre sí superando significativamente a las de 40 y esta fue superior al testigo.
4. El análisis de regresión mostró una respuesta cuadrática significativa para el nitrógeno y los rendimientos.
5. El óptimo físico se obtuvo con 121 kg N/ha y el óptimo económico con 113 kg/ha, utilizando urea.
6. La mejor fuente nitrogenada a usar es la urea a una dosis de 113 kg/ha por su alta concentración de nitrógeno (46 % N) y su bajo costo.

BIBLIOGRAFIA

- BRYANT, R. *et al.* Perfiles de Suelo del Proyecto Benchmark Soil Panamá, 1983.
- DE DATA, S.K.; MAGNAYE, C.P. A survey of the forms and sources of fertilizer nitrogen for flooded rice. *Soil an Fertilizers. Abstract* (Inglaterra) 32(2):103-109. 1969.
- GARCIA Q., E.; VARGAS, Z. P. Mayor Eficiencia en la Fertilización Nitrogenada del Arroz. *Arroz* (Colombia)32(317):26-35. 1982.
- GOMEZ, L.; JAIRO, A. Información General sobre el Comportamiento de la Urea y del Sulfato de Amonio como Fertilizantes. *Arroz* (Colombia) 26(286):5-10. 1977.
- GONZALEZ, V.; MURILLO, J.I. Manual de Producción para Arroz de Secano en Costa Rica, CAFESA, 1981.
- JARAMILLO, S.E. Pedones de Campo y Estaciones Experimentales del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 1987. 56 p.
- LEON, L. A. Funciones de los Elementos Esenciales para la Planta Arroz(Colombia) 55(112). 1960.
- MATSUSHIMA, S. Nitrogen requeriments at different stages of growth. The mineral nutrition of the rice plant In: Symposium at the International Rice Research Institute, Proceedings. 1964. pp. 219-237.
- MURAYAMA, N. Productive efficiency of fertilizer in recent rice cultural in Japan. *Jarg(Japón)*9(2):79-83. 1975.

NAME, B. et al. Estudios de Fertilización de Arroz en el Area de Bayano. Ciencia Agropecuaria(Panamá)(3):1-10. 1980.

VARGAS, S.; NOSSA, E. Respuesta del Arroz Cica 8 a Dosis y Métodos de Aplicación del Nitrógeno. Arroz 29(309):12-18, 1980.

VERGARA, E. A.; TEJEIRA, R. Niveles de Nitrógeno en las Variedades de Arroz Awini y CR-1113. :303-308. Universidad de Panamá. Progreso de Labores de Investigaciones Agropecuarias:303-308

WALKER, J.L.;BEJARANO, W. Uso Práctico de los Modelos Discontínuos para Interpretación Rápida de la Respuesta de Cultivos a la Aplicación de Fertilizantes. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 84 p.