

## Evaluación de fertilizantes nitrogenados en arroz,

Carlos Rojas Walker<sup>2</sup>

### INTRODUCCION

Desde la incorporación al consumo de los fertilizantes amoniacales o aquéllos que liberan amonio en el país (1968), se han efectuado diversos ensayos de comparación entre estos fertilizantes y el salitre sódico (nitrato natural de Chile). Así, se han efectuado comparaciones de fertilizantes nitrogenados en papas, frejol, maíz, trigo (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1967-1968) y en durazneros (Razeto y Rojas, 1975). En general, en los diversos cultivos, no se han detectado diferencias significativas favorables a uno u otro fertilizante. Sin embargo, en especies que se cultivan en condiciones de inundación co-

mo el arroz, las reacciones a que están expuestos los fertilizantes nitrogenados son diferentes a las que ocurren en suelos no inundados.

Martínez (1958), en ensayos de campo realizados en la provincia de Linares, concluyó que el sulfato de amonio no era superior al salitre sódico en la fertilización del arroz.

En una evaluación de fertilizantes nítricos y amoniacales con diversas épocas de aplicación, en las localidades de Talca y Chillán, no se encontraron respuestas claras por efecto del tipo de fertilizantes empleados en arroz (Alvarado y Sims, 1970).

Por otra parte, Araos y Rojas (1976) encontraron una alta respuesta del arroz a la fertilización nitrogenada, en una serie de ensayos de campo, empleando urea como fuente de nitrógeno.

En el extranjero se han efectuado numerosos experimentos para determinar el efecto de diversos fertilizantes nitrogenados en arroz. Los fertilizantes amoniacales y aquéllos que liberan amonio han mostrado una eficiencia similar. En el cultivo del arroz, los fertilizan-

<sup>1</sup>Trabajo presentado al 1.er Simposio de la Ciencia del Suelo, Universidad de Concepción (mayo, 1975).

Recepción originales: 6 de agosto de 1975.

<sup>2</sup>Ing. Agr., Programa Fertilidad de Suelos, Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

El autor desea expresar su agradecimiento al personal del Programa Fertilidad de Suelos y Subprograma Arroz de la Est. Exp. Quilamapu, así como también al Ing. Agr. Víctor Fuentes por el procesamiento estadístico en el Departamento de Suelos de la Universidad de Concepción, y a todos los que colaboraron de alguna forma en esta investigación.

tes nítricos han sido considerados generalmente menos satisfactorios para aplicaciones de presiembra e inferiores a los amoniacales cuando han sido aplicados con posterioridad al establecimiento del cultivo (De Datta y Magnaye, 1969; Mikkelsen y Patrick, 1968).

Mediante técnicas de invernadero y ensayos de campo, se ha logrado evaluar la eficiencia del aporte de nutrientes, provenientes de diversos tipos de fertilizantes comerciales. Terman (1967) sugiere la necesidad de comparar los fertilizantes considerando todo el rango de respuesta al nutriente en estudio, con el fin de evitar errores de interpretación. Para la evaluación de diversos tipos de fertilizantes, se han utilizado modelos de regresión simple (White *et al.*, 1956) y múltiple (Engelstad, 1968); Engelstad y Khasawneh, 1969).

El objetivo del presente trabajo fue comparar la efectividad de algunos de los fertilizantes nitrogenados más comúnmente utilizados en el país en la nutrición del arroz.

## MATERIALES Y METODOS

### a) *Ensayo de campo*

En la temporada 1973-74 se realizó un ensayo de campo en la Estación Experimental Quilimapu (Chile), en un suelo franco-arcilloso cultivado por varios años con arroz. Algunas características de la estrata arable, se pueden apreciar en el Cuadro 1.

Los índices de nutrientes disponibles y las características químicas obtenidas se encuentran dentro de los rangos comunes en este tipo de suelos (Araoz y Rojas, 1976).

El diseño utilizado fue de bloques al azar, en un experimento factorial de  $3 \times 3$  con tres repeticiones, comparándose: urea (45% N), considerado como estándar, nitrato de amonio cálcico (26% N) y salitre sódico (16% N) (las concentraciones reales determinadas en el laboratorio fueron de 48; 25,3 y 15,2%.

Cuadro 1 — Características químicas e índices de nutrientes disponibles del suelo (0-20 cm)

Características químicas		Índices de nutrientes disponibles	
pH en agua (1:2,5)	6,8	N-NH <sub>4</sub> inicial (ppm)	7,2
Materia orgánica (%)	2,5	N-NH <sub>4</sub> mineralizado (ppm)	58,6
N-total (%)	0,122	P Olsen (ppm)	5
Relación C/N	11,6	P Carolina del Norte (ppm)	7
CIC (meq/100 gr)	24,5	K (meq/100 gr)	0,41
Arcilla (%)	34,8		

respectivamente) en tres dosis: 0; 50 y 100 Kg de N/ha.

Los fertilizantes nitrogenados fueron esparcidos al voleo sobre el suelo e incorporados con un cultivador rotatorio (rototiller) antes de la inundación. Previo a la aplicación de los fertilizantes, se tomó una muestra compuesta de suelo, a la profundidad de 0-20 cm.

Junto a los fertilizantes nitrogenados se aplicó superfosfato triple en dosis de 70 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha como fertilización estándar.

Las parcelas de 15 m<sup>2</sup> (3 × 5 m), se orientaron dentro de un cuadro de aproximadamente 7 m de ancho por 80 m de largo. Entre las parcelas se dejó una separación de 0,5 m.

El cuadro se inundó dos días después de la incorporación de los fertilizantes, sembrándose arroz (*Oriza sativa*, var. Oro) en dosis de

160 Kg/ha. Diez días después de la siembra, se aplicó sulfato de cobre en polvo para prevenir la infestación de algas. La eliminación de las malezas se realizó en forma química con el producto Stam en la etapa de macolla del cultivo.

En cada parcela se cosecharon 8 m<sup>2</sup> para la evaluación de rendimiento en grano. Para la estimación de producción de materia seca total y N absorbido, se cortó una submuestra de 0,36 × 0,61 m de superficie a una altura de 2-3 cm sobre el suelo.

Las muestras de planta fueron secadas a 65°C, pesadas y procesadas para el análisis de N total.

Para rendimiento en grano, materia seca y N absorbido de los diversos tratamientos se efectuaron análisis de varianza. La evaluación

de los fertilizantes a través del N absorbido (variable dependiente) se determinó usando un modelo de regresión múltiple lineal y los coeficientes de regresión obtenidos se compararon mediante una prueba de "t" (Ostle, 1954).

b) *Análisis químico*

El N total de la materia seca y de los fertilizantes se determinó por el método de Kjeldhal (AOAC, 1955).

La caracterización del suelo superficial (0-20 cm) incluyó las siguientes determinaciones:

- a) pH al agua en relación 1:2,5;
- b) textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos;
- c) materia orgánica por el método de Sprigler y Klee;
- d) N-total por el método de Kjeldhal, modificado por Foster;
- e) nitrógeno disponible, como N-NH<sub>4</sub>, por medio de la técnica de incubación anaeróbica de Waring y Bremner.

- f) fósforo disponible, a través del método de Olsen. Las determinaciones anteriormente citadas, se realizaron de acuerdo a la metodología seguida en el Laboratorio de Suelos de Quilamapu (Tejeda, 1967);
- g) capacidad de intercambio catiónico, por la técnica de Schollenberger y Simon (1945);
- h) fósforo disponible por el método de Carolina del Norte (Nelson *et al.*, 1953);
- i) potasio disponible (Pratt y Morse, 1954).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Rendimiento en grano*

En el Cuadro 2 se pueden observar los valores promedios de rendimiento en grano obtenidos por efecto de los diversos fertilizantes comparados, para las dosis de 0; 50 y 100 Kg de N/ha, respectivamente.

Rendimientos en grano similares a los observados en este experimento, fueron obtenidos por Araos y Rojas (1976) para el trata-

Cuadro 2 — Promedios de rendimiento en grano (qq/ha, 14% de humedad)

Fertilizante nitrogenado	Dosis de N (Kg/ha)			Promedio*
	0	50	100	
Urea	46,79	68,2	84,38	66,45a
Nitrato de amonio	46,79	66,48	62,54	58,60ab
Salitre	46,79	52,26	58,86	52,63b
Promedio*	46,79 b	62,31 a	68,59 a	

\*Valores con una letra en común no difieren significativamente, según la prueba de Duncan (P = 0,05).

miento sin nitrógeno y por efecto de la fertilización nitrogenada en suelos arroceros de las provincias de Talca a Ñuble.

El abastecimiento moderado de nitrógeno para el cultivo que se deduce de los contenidos de amonio mineralizable del suelo, explican el rendimiento alcanzado por el tratamiento sin nitrógeno.

Los resultados obtenidos, señalan incrementos significativos de rendimiento en grano por efecto de las dosis de N empleadas con los diversos fertilizantes.

El efecto diferente de los fertilizantes evaluados puede observarse a través del rendimiento en grano. Los fertilizantes más eficientes en orden decreciente resultan ser la

urea, nitrato de amonio y salitre, aunque sólo se observó una diferencia significativa de la urea sobre el salitre sódico.

### *Absorción de N y efectividad relativa*

En el Cuadro 3, se pueden observar los promedios de N absorbido de la parte aérea de las plantas por efecto de las diversas fuentes y dosis de nitrógeno aplicado.

Los resultados, concuerdan en general, con los niveles de uso de nitrógeno por el arroz en relación a la producción de grano, según tablas publicadas por Bartholomew (1972).

Los valores de absorción para los fertilizantes evaluados, indican un incremento de

Cuadro 3 — Promedio de nitrógeno absorbido de (grano + paja) (Kg/ha)

Fertilizante nitrogenado	Dosis de N (Kg/ha)			Promedio*
	0	50	100	
Urea	64,27	79,69	117,17	87,04a
Nitrato de amonio	64,27	89,72	95,59	83,19ab
Salitre sódico	64,27	64,22	83,58	70,69a
Promedio*	64,27	77,87	98,78	
	b	b	a	

\*Valores con una letra en común no difieren significativamente, según la prueba de Duncan (P = 0,05).

acuerdo a las dosis crecientes empleadas, pero significativamente superior sólo para la dosis de 100 Kg de N/ha.

Las mayores absorciones de N corresponden en forma decreciente a la urea, nitrato de amonio y salitre. La urea indujo un mayor

efecto en la absorción estadísticamente significativo en relación al provocado por salitre sódico.

La correlación entre producción de materia seca y N absorbido fue positiva y significativa así como también la relación entre

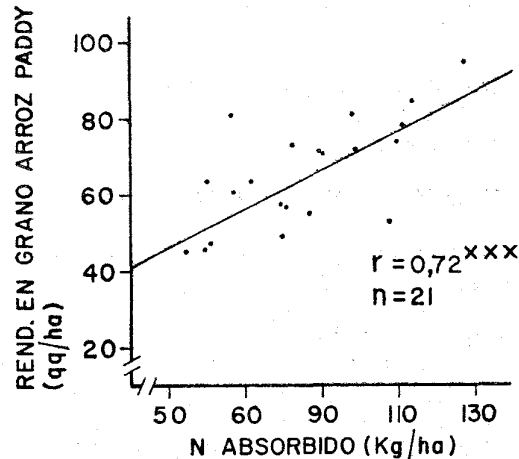
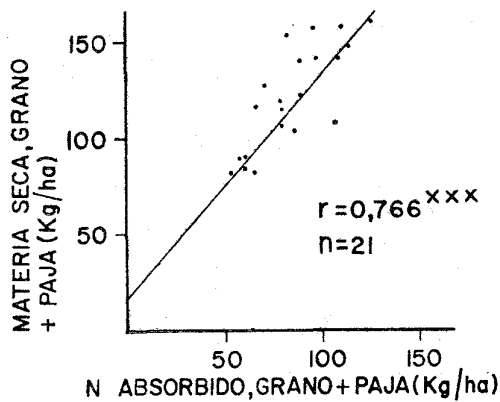


Figura 1 — Relación entre producción de materia seca, rendimiento en grano y N absorbido.

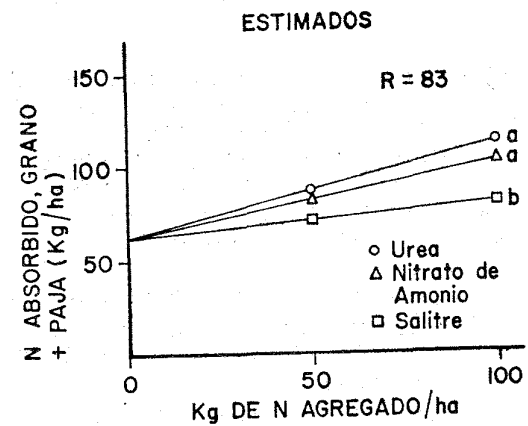
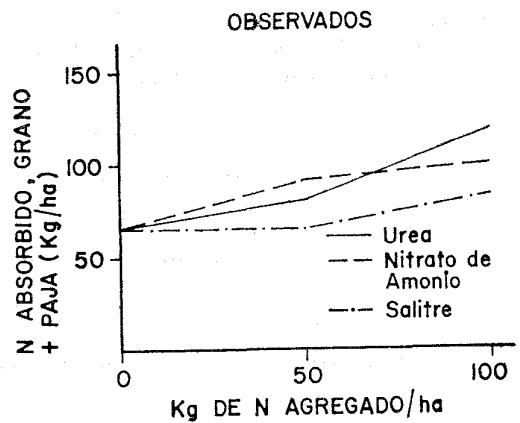


Figura 2 — Relación entre N agregado y N absorbido por las plantas, según valores observados y los estimados por el modelo.

Cuadro 4 — Coeficiente de regresión y efectividad relativa de los fertilizantes

Fertilizante	% N	Coeficiente de Regresión*	Efectividad Relativa**
Urea (estándar)	45	5,23	100 a
Nitrato de amonio cálcico	26	4,23	80,87a
Salitre sódico	16	1,93	36,90b
Valor intercepto		= 61,03	
		R = 0,83	

\*El error estándar para los coeficientes es 0,958.

\*\*Valores con letra en común no difieren significativamente, según la prueba de t (P = 0,05).

rendimiento en grano y esta variable (Figura 1). Como la relación entre absorción y dosis del nutriente aplicado tiende a ser lineal en un rango más amplio, que entre rendimiento y dosis de N (Black y Scott, 1956), se consideró el criterio de absorción de nitrógeno para la evaluación de los diversos fertilizantes de eficiencia interna similar (los valores de absorción y producción de materia seca caen sobre la misma curva).

El modelo de regresión múltiple empleado, de la forma  $y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$ , en donde  $y$  representa el N absorbido y

cada  $X_i$  un fertilizante diferente en las dosis crecientes empleadas, indicó que la relación entre los valores de N absorbido observados y estimados era satisfactoria. El modelo consideró un alto porcentaje de la variación de la variable dependiente ( $R = 0,83$ , Figura 2).

La comparación de los coeficientes de regresión por la prueba de t (Ostle, 1954) indicó que la urea (considerada como estándar) y el nitrato de amonio cálcico, presentaron una más alta y significativa efectividad relativa que el salitre sódico, bajo condiciones definidas de tipo de suelo y manejo de fertilizantes (Cuadro 4). Los índices de eficiencia relativa obtenidos deben ser considerados en un programa de fertilización económica del arroz.

Es necesario indicar que los fertilizantes que poseen formas nítricas, son más susceptibles de perder N por lixiviación y desnitrificación en suelos inundados, lo que explicaría el comportamiento de estos fertilizantes en este trabajo (Kilmer y Webb, 1968; De Datta y Magnaye, 1969; Mikkelsen y Patrick, 1968).

La comparación de fertilizantes nitrogenados, mediante otros métodos y épocas de aplicación, deberá ser ensayado en este tipo de suelos.

## RESUMEN

En la temporada 1973-74 en la Estación Experimental Quilamapu, Chillán (Chile) se realizó un ensayo de campo en un suelo franco-arcilloso cultivado con arroz. El objetivo del estudio fue la estimación de la eficiencia de tres fertilizantes nitrogenados comerciales: urea, nitrato de amonio cálcico y salitre sódico en la fertilización del arroz inundado (*Oriza sativa*, variedad Oro) en tres dosis: 0; 50 y 100 Kg de N/ha.

A la cosecha, se evaluó el rendimiento en grano, la producción de materia seca y el N absorbido de la parte aérea de las plantas.

Los más altos rendimientos en grano, fueron producidos por la urea, la que fue significativamente superior al salitre sódico. El nitrato de amonio y el salitre sódico no indicaron diferencias significativas entre sí.

Se obtuvo incrementos significativos de producción de materia seca y de N absorbido por las plantas con las dosis crecientes de N empleadas. El criterio de absorción de nitrógeno se empleó para la evaluación de los fertilizantes.

Se aplicó un programa de regresión múltiple lineal para la evaluación de los fertilizantes a través del N absorbido. Ello permitió concluir que bajo las condiciones de época y métodos de aplicación de fertilizantes y el tipo de suelo estudiado, la urea y el nitrato de amonio cálcico, presentaron una más alta y significativa efectividad relativa (100% y 80,87%, respectivamente) que el salitre sódico (37%).

## SUMMARY

### EVALUATION OF NITROGEN FERTILIZERS IN RICE

During the 1973-74 season a field experiment was conducted at Quilamapu Experimental Station, Chillan (Chile) in a clayloam, paddy soil.

The objective of this study was to estimate the efficiency of three N fertilizers: urea, calcium nitrate and Chilean nitrate in the nutrition of flooded rice (*Oriza sativa*, var. Oro) at three rates: 0; 50 and 100 Kg of N/ha.

Grain yield, dry matter production and absorbed nitrogen from the plant canopy, were evaluated at harvest time.

Urea produced the highest grain yields and was significantly higher than Chilean nitrate. Ammonium nitrate and Chilean nitrate did not significantly differ between them.

N applications produced significant increments in the dry matter production and N absorbed by plants. Nitrogen absorption was used as a value criteria for the evaluation of fertilizers.

A multiple lineal regression program was applied for the evaluation of fertilizers through absorbed nitrogen. Urea and ammonium nitrate, gave the highest relative effectiveness (100% and 80.87%) than Chilean nitrate (37%) under the time and methods of fertilizer application and the soil studied.

#### LITERATURA CITADA

- ALVARADO, R. y SIMS, G. 1970. Informe quinquenal del Proyecto Mejoramiento en Arroz. Estación Experimental Quilamapu (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), Chillán, Chile (mimeografiado).
- ARAOS, J. F. y ROJAS, C. 1976. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre sobre los rendimientos de arroz. *Agricultura Técnica* (Chile). 36(2): 58-62.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1955. Official methods of analysis of the AOAC. Eight edition, Washington D.C., pp. 6-27.
- BARTHOLOMEW, W. V. 1972. El nitrógeno del suelo. Boletín Técnico N° 6 de International Soil Fertility. Evaluation and Improvement Program, North Carolina State Univ. at Raleigh, pp. 17-20.
- BLACK, C. y SCOTT, C. 1956. Fertilizer evaluation: I Fundamental principles. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 176-179.
- DE DATTA, S. K. y MAGNAYE, C. P. 1969. A survey of the forms and sources of fertilizers nitrogen for flooded rice. *Soils Fert.* 32: 103-104.
- ENGELSTAD, O. P. 1968. Use of multiple regression in fertilizer evaluation. *Agron. J.* 60: 327-329.
- . y KHASAWNEH, F. E. 1969. Use of a concurrent mitscherlich model in fertilizer evaluation. *Agron. J.* 61: 473-474.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1967-1968. Cuarta Memoria Anual. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, pp. 38-39-42, 76-77.
- KILMER, V. y WEBB, J. 1968. Agronomic effectiveness of different fertilizers. In *Changing patterns in fertilizer use*. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wisconsin, USA, pp. 34-45.
- MARTÍNEZ, M. 1958. Sulfato de amonio y salitre como abonos nitrogenados en el cultivo del arroz. *Simiente* 28: 14-15.
- MIKKELSEN, D. S. y PATRICK, JR. W. H. 1968. Fertilizer use on rice. pp. 403-432. L. B. Nelson (ed) (*Changing pattern in fertilizer use*, Soil Sci. Soc. of America, Madison, Wis.).
- NELSON, W. L., MEHLICH, A. and WINTERS, E. 1953. The development evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In Pierre, W. H. and Norman, A. G. ed. *Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition*. New York, Acad. Press. p. 153-188.
- OSTLE, B. 1954. *Statistic in Research: Basic concepts and techniques for research workers*. Iowa State College Press, Ames, Iowa, pp. 487.
- PRATT, P. F. y MORSE, H. H. 1954. Potassium release from exchangeable and non exchangeable forms in Ohio soils. *Ohio Agr. Exp. Sta. Res., Bull.* 747.
- RAZETO, B. y ROJAS, S. 1975. Investigación Agrícola, Vol. I N° 1, Universidad de Chile, Santiago, Chile; pp. 21-22.
- SCHOLLENBERGER, C. J. y SIMON, R. H. 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil ammonium acetate method. *Soil Sci.* 59: 13, 25.
- TEJEDA, H. 1967. Pauta de trabajo para estudios de selección de métodos de análisis para nitrógeno y fósforo disponible en suelos chilenos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu, Chillán, (Chile), pp. 27-14 y 15 (mimeografiado).
- TERMAN, G. L. 1967. Commonly occurring errors in interpretation of yield results from single-rate nutrient comparison. *Agron. J.* 59: 285-286.
- WHITE, R. F., KEMTHORNE, O., BLACK, C. A. and WELT, J. R. 1956. Fertilizer Evaluation II Estimation of availability coefficients. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 174-186.