

# EFFECTO DE ALGUNAS PRACTICAS DE MANEJO DEL AGUA SOBRE LAS PERDIDAS DE NITROGENO EN EL CULTIVO DEL ARROZ

Adriana Loeb G. \*  
Carmen R. Bonilla C.\*  
Carlos A. Gallardo B.\*\*  
Harold Tafur H. \*\*\*

## COMPENDIO

El experimento se realizó durante el primer semestre de 1986 en el Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira, con el objetivo de cuantificar las pérdidas de nitrógeno asimilable según el manejo del agua, en las fases vegetativa, reproductiva y de maduración del arroz (Línea 25702). A mayor volumen de agua aplicado mayores fueron las pérdidas de nitrógeno asimilable en el suelo. Las menores pérdidas de nitrógeno se presentaron entre los 47 y 67 días en todos los tratamientos y las mayores en la fase reproductiva (68 a 105 días después de la siembra).

## ABSTRACT

Experiment was carried out at Colombian Agropecuary Institute (ICA) Palmira for 1986 a, with primary aim to estimate available N losts in soil under some water management practices on rice (L 25702) during vegetative, reproductive and ripening stages. The greater volumen of applied irrigation water the greater available N losts was showed. Less N losts was showed between 47 and 67 days in all treatments, it being greater in the reproductive stage (68 to 105 days).

- 
- \* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira  
\*\* Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. AA. 233, Palmira.  
\*\*\* Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

## 1. INTRODUCCION

Entre las principales limitantes del cultivo de arroz en Colombia, se encuentran el manejo del agua y la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, elevando los costos de producción. Los fertilizantes influyen en el aumento de los costos y por esto se hace indispensable realizar investigaciones tendientes a buscar mayor eficiencia en su aprovechamiento, lo cual se puede lograr conociendo las condiciones de manejo del agua que pueden minimizar las pérdidas de nitrógeno en el suelo.

Los fertilizantes son uno de los insumos productivos más eficaces en lo que se refiere al arroz, pero su utilización resulta costosa. El costo puede seguir siendo el mismo y variar su eficacia de acuerdo con la variedad cultivada y otras prácticas agronómicas adoptadas. La úrea es el fertilizante más utilizado en arrozales inundados, pero las pérdidas de nitrógeno a partir de ésta oscilan entre 40 y 80 o/o (De Datta *et al*, 1).

No se han cuantificado las pérdidas de nitrógeno a partir de arrozales de inundación, debido a que no se han desarrollado las técnicas satisfactorias y a la amplia variación en suelo, ambiente y condiciones de manejo del cultivo (Prasad y De Datta, 4). Sin embargo, se considera que dichas pérdidas pueden variar así: por denitrificación entre 25 y 90 o/o; por lixiviación desde 1 hasta 70 o/o y por volatilización del amonio entre 0.5 y 20 o/o. (De Datta *et al*, 1; Veck *et al*, 6). Las pérdidas por erosión y escorrentía pueden ser altas si no se tiene en cuenta un adecuado manejo del fertilizante y de las prácticas del cultivo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el experimento tuvo los siguientes objetivos: cuantificar las pérdidas de nitrógeno asimilable en el suelo según el manejo del agua en las fases vegetativa, reproductiva y de maduración del cultivo del arroz (Linea 25702); determinar la relación entre las pérdidas de nitrógeno asimilable en el suelo y los volúmenes de agua aplicados; y determinar la influencia de las prácticas de manejo del agua sobre los componentes del rendimiento y la calidad de molinería.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó durante el primer semestre de 1986 en el Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira, en suelos Vertisoles pertenecientes a la serie Potreros. Se sembró al voleo semilla pre-germinada de la Línea promisoría 25702 (100 kg/ha). Se fertilizó cuando el suelo estaba saturado con 120 kg/ha de N, utilizando como fuente úrea del 46 o/o, aplicando al voleo 1/3 al inicio del macollamiento (26 días después de la siembra), 1/3 al inicio del crecimiento de los tallos (46 días) y 1/3 a los 67 días al inicio de la

formación de la panícula (Sánchez, 5). Se preparó el suelo utilizando fan-  
gueo y se controlaron las malezas con Propanil y 2, 4D-Amina.

Se hizo un diseño experimental de bloques completos al azar con 6 tra-  
tamientos (W) y 3 repeticiones. El área de cada unidad experimental fue  
de 36 m<sup>2</sup>. Los tratamientos resultaron de la combinación de dos láminas  
de riego, lámina de 5.0 cm (L<sub>1</sub>) y saturación (L<sub>0</sub>), en 3 períodos de desa-  
rrollo del cultivo: vegetativo (26-67 días), reproductivo (68-105 días) y  
de maduración (106-137 días). Los tratamientos utilizados en el ensayo  
fueron: L<sub>1</sub> L<sub>1</sub> L<sub>1</sub> (W<sub>1</sub>), L<sub>1</sub> L<sub>1</sub> L<sub>0</sub> (W<sub>2</sub>), L<sub>1</sub> L<sub>0</sub> L<sub>0</sub> (W<sub>3</sub>), L<sub>0</sub> L<sub>0</sub> L<sub>0</sub> (W<sub>4</sub>), L<sub>0</sub> L<sub>1</sub>  
L<sub>1</sub> (W<sub>5</sub>) y L<sub>0</sub> L<sub>1</sub> L<sub>0</sub> (W<sub>6</sub>).

En cada parcela se colocó tubería PVC de 50 cm x 4'', con una tapa de  
concreto en su extremo exterior, para controlar el paso del agua de los ca-  
nales secundarios al interior de la parcela. Cada que fue necesario se repuso  
el agua consumida en los tratamientos. Los tratamientos se suspendieron 9  
días antes de la cosecha. Para el cálculo estimativo de los volúmenes de agua  
consumidos por cada tratamiento se hicieron aforos tanto en los canales co-  
mo a la entrada de cada parcela, además se tuvo en cuenta el tiempo neces-  
ario para aplicar los tratamientos de manejo del agua y el número de riegos  
por fase.

Se determinó el contenido de nitrógeno total en muestras de suelo antes  
de la siembra, a los 26, 46, 67, 105 y 137 días, el 2 o/o del cual se conside-  
ró como N asimilable en este tipo de suelos (Jackson, 3). En las mismas fe-  
chas se determinó el contenido de nitrógeno en muestras de tejido vegetal,  
agua de riego y lluvia.

Con los datos de nitrógeno, se realizó un balance global para determinar  
las pérdidas de dicho elemento en el suelo. La ecuación de balance es la si-  
guiente:

$$N_{is} + N_f + N_w + N_{wl} = N_{fs} + N_{pl} + N_p \quad (1)$$

$$N_p = N_{is} + N_f + N_w + N_{wl} - N_{fs} - N_{pl} \quad (2)$$

donde:

- N<sub>is</sub> = Nitrógeno inicial del suelo
- N<sub>f</sub> = Nitrógeno del fertilizante
- N<sub>w</sub> = Nitrógeno del agua de riego
- N<sub>wl</sub> = Nitrógeno del agua lluvia
- N<sub>fs</sub> = Nitrógeno final del suelo
- N<sub>pl</sub> = Nitrógeno de la planta
- N<sub>p</sub> = Nitrógeno perdido

Además, se midió la altura de 20 plantas/parcela al final de las fases vegetativa, reproductiva y de maduración, se cuantificó el número de malezas / m<sup>2</sup> y se evaluaron las variables componentes del rendimiento (panículas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 granos y porcentaje de vaneamiento) y calidad del grano (rendimiento de molinería, índice de pilada y centro blanco). Se cosechó manualmente cuando el grano tuvo una humedad de 21 o/o en todos los tratamientos, se trilló y se determinó el rendimiento de campo.

Se realizaron dos análisis de varianza: el primero, para comparar las pérdidas de nitrógeno asimilable ocurridas entre los tratamientos de agua y el segundo, para determinar la diferencia de estas pérdidas entre las épocas del cultivo, para cada tratamiento. También se analizaron estadísticamente las demás variables.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **3.1. Volúmenes de agua aplicados.**

El mayor volumen de agua aplicado correspondió al tratamiento W<sub>1</sub> con 23748 m<sup>3</sup> /ha y el menor al tratamiento W<sub>4</sub> con 18490 m<sup>3</sup> /ha, con una diferencia de 5258 m<sup>3</sup> /ha, que representa un 28.4 o/o más de agua en el tratamiento W<sub>1</sub>.

#### **3.2. Población de malezas.**

Hubo buen control de malezas, ya que al final de las fases vegetativa y de maduración, el promedio general fue de 4.3 y 6.5 malezas/m<sup>2</sup> respectivamente.

#### **3.3. Altura de plantas.**

Esta variable no presentó diferencias significativas al final de las fases vegetativa y reproductiva entre los tratamientos, el promedio general fue de 52.7 y 76.5 cm respectivamente; sin embargo al final de la fase de maduración hubo diferencias al 10 o/o entre éstos.

A mayor volumen total de agua de riego aplicado, la altura de las plantas al final de la fase de maduración fue mayor, con un promedio de 80 cm para los tratamientos W<sub>1</sub> y W<sub>2</sub> y de 74.7 cm para el tratamiento W<sub>4</sub>.

#### **3.4. Rendimiento y calidad de molinería.**

Las variables rendimiento, panículas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 granos, porcentaje de vaneamiento, rendimiento de molinería, índice de pilada y centro blanco,

no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1). El rendimiento promedio fue de 6036 kg/ha y presentó una buena característica de centro blanco, con un promedio general de 0.74.

### **3.5. Contenido de nitrógeno asimilable en el suelo.**

No hubo diferencias significativas para esta variable entre los tratamientos en ninguna de las épocas evaluadas, debido posiblemente a que la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado fue igual para todos éstos.

### **3.6. Porcentaje y contenido de nitrógeno en la planta.**

Estas variables no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las épocas evaluadas. Al final de la fase vegetativa, el porcentaje de nitrógeno en la planta tuvo un promedio general de 1.25 o/o; al final de la fase reproductiva el porcentaje de nitrógeno en los tallos y hojas disminuyó notablemente hasta llegar a 0.79 o/o, registrándose mayor concentración en las espigas. Durante la fase de maduración este porcentaje en tallos y hojas fue aún menor, mientras que en el grano hubo mayor concentración. Esto se debe posiblemente a que gran parte de la proteína almacenada en la fase vegetativa se degrada para la producción de energía necesaria en la formación de espigas y a partir de la floración el nitrógeno almacenado en tallos y hojas es traslocado rápidamente al grano.

El mayor contenido de nitrógeno en la planta (Cuadro 2) se presentó al final de la fase vegetativa (73 kg/ha) disminuyendo en las fases reproductiva (61) y de maduración (54 kg/ha) debido probablemente a que en la planta se acumulan en primer lugar las proteínas, posteriormente disminuyen y se forman los materiales esenciales para la construcción del vegetal (lignina y celulosa) y finalmente se acumulan los hidratos de carbono (almidones).

### **3.7. Contenido de nitrógeno en el agua de lluvia.**

La cantidad de nitrógeno aportada al suelo por el agua de lluvia depende del volumen de agua precipitado y de la concentración de nitrógeno en ésta, la cual fue de 16.8 ppm. El aporte de nitrógeno en la fase vegetativa fue de 28.16 kg/ha, en la reproductiva de 7.2 kg/ha y en la maduración de 3.3 kg/ha.

### **3.8. Contenido de nitrógeno en el agua de riego.**

El nitrógeno aportado por el agua de riego dependió de los volúmenes de agua de riego aplicados, ya que la concentración de nitrógeno en la misma

Cuadro 1

Rendimiento y calidad de Molinería de la línea 25702 de arroz

| Variables                   | TRATAMIENTOS                                 |  |  |  |  |  | $\bar{X}$ * |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|-------------|
|                             | L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> | L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>0</sub> | L <sub>1</sub> L <sub>0</sub> L <sub>0</sub> | L <sub>0</sub> L <sub>0</sub> L <sub>0</sub> | L <sub>0</sub> L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> | L <sub>0</sub> L <sub>1</sub> L <sub>0</sub> |             |
| Rendimiento (kg/ha)         | 6194.20                                      | 6227.20                                      | 6593.00                                      | 6157.80                                      | 6296.00                                      | 5748.40                                      | 6036.10     |
| Peso mil granos (g)         | 20.80  | 21.20  | 20.63  | 21.17  | 21.03  | 20.70  | 20.92       |
| Vaneamiento (o/o)           | 8.60   | 10.28  | 12.32  | 12.44  | 10.84  | 12.90  | 11.23       |
| Panículas/m <sup>2</sup>    | 427.33                                       | 431.67                                       | 419.67                                       | 444.00                                       | 404.00                                       | 427.00                                       | 425.61      |
| Índice de pilada (o/o)      | 51.50  | 52.17  | 51.67  | 52.00  | 53.50  | 52.17  | 52.16       |
| Centro blanco               | 0.73   | 0.73   | 0.80   | 0.66   | 0.66   | 0.80   | 0.73        |
| Rendimiento en molino (o/o) | 67.17  | 67.50  | 66.00  | 65.17  | 65.83  | 66.00  | 66.27       |

\* Promedio de tres repeticiones

Cuadro 2

Contenido de nitrógeno de la planta para las diferentes fases del cultivo

| Variables                       | FASES DEL CULTIVO |                |         |                |       |
|---------------------------------|-------------------|----------------|---------|----------------|-------|
|                                 | Vegetativa        | Reproductiva   |         | Maduración     |       |
|                                 | Tallos y hojas    | Tallos y hojas | Espigas | Tallos y hojas | Grano |
| Porcentaje de nitrógeno*        | 1.25              | 0.79           | 1.0     | 0.56           | 1.05  |
| Contenido de nitrógeno (kg/ha)* | 73.07             | 61.21          |         | 54.0           |       |

\* Promedio general de seis tratamientos y tres repeticiones.

fue constante (5.6 ppm). El mayor aporte de nitrógeno se presentó en el tratamiento  $W_1$  con 132.8 kg/ha y el menor en saturación permanente ( $W_4$ ) con 103.46 kg/ha.

### 3.9. Efecto del agua sobre las pérdidas de nitrógeno asimilable.

El análisis de varianza para las pérdidas totales de nitrógeno asimilable presentó diferencias significativas al 10 o/o entre los tratamientos, observándose las menores pérdidas en los tratamientos  $W_4$  y  $W_6$ . Lo anterior se explica al relacionar las “pérdidas de nitrógeno asimilable” con el “volumen total de agua de riego” aplicado en los tratamientos, de la cual se obtuvo la ecuación lineal  $Y = 65.2 + 0.008 X$ , con  $r = 0.88$  ( $\alpha = 1$  o/o), de la cual se deduce que a mayor volumen de agua aplicado en el riego, mayores son las pérdidas de nitrógeno asimilable. Esta ecuación sólo es válida para valores de “X” comprendidos entre 18 000 y 24 000 m<sup>3</sup>/ha, rango en el cual variaron los volúmenes totales de agua de riego en los tratamientos.

### 3.10. Pérdidas de nitrógeno asimilable en las diferentes épocas del cultivo.

Hubo diferencias altamente significativas para las pérdidas de nitrógeno asimilable entre las diferentes épocas del cultivo.

A pesar de que todos los tratamientos presentaron la misma tendencia en cuanto a las mayores y menores pérdidas en ciertas épocas del cultivo, estadísticamente se comportaron de la siguiente forma: para los tratamientos  $W_1$  y  $W_2$ , la menor pérdida de nitrógeno asimilable (11.91 y 10.81 kg/ha) ocurrió entre los 47 y 67 días, debido a que en esta época ocurre alta demanda de nitrógeno por la planta, puesto que se presenta el macollamiento activo hasta formar el número máximo de hijos e iniciar la formación del primordio floral, almacenándose gran cantidad de este nutrimento en los tallos y hojas de la planta. La mayor pérdida (97.81 y 99.33 kg/ha) se presentó en la fase reproductiva, debido probablemente a que al comienzo de esta época se fertilizó con úrea, la cual no fue totalmente aprovechada por la planta, ya que la demanda se hace menor. Sigue en orden de importancia, las pérdidas ocurridas entre los 27 y 46 días con 63.28 y 67.87 kg/ha respectivamente, ya que el nitrógeno disponible para la planta proveniente de la úrea, agua de lluvia y riego, lo mismo que del suelo, excedieron las necesidades de ésta. Las pérdidas ocurridas en la fase de establecimiento (35.95 y 37.98 kg/ha) y de maduración (39.15 y 37.98 kg/ha) fueron estadísticamente iguales, debido probablemente a situaciones similares que se presentaron en estas épocas, como fueron la no aplicación de úrea y la baja absorción de nitrógeno por la planta.

### Cuadro 3

Comparación de algunas variables que afectan las pérdidas de nitrógeno asimilable en diferentes épocas del cultivo para el tratamiento W<sub>4</sub>

| Variables   | FASES DEL CULTIVO |            |                                       |             |
|---|-------------------|------------|---------------------------------------|-------------|
|   | Vegetativa        |            | Reproductiva Maduración               |             |
|   | 0-26 d ías        | 27-46 días | 47-67 días                            | 68-105 días |
| Pérdidas de nitrógeno (kg/ha)                       | 45.83             | 54.53      | 6.76                                  | 71.85       |
| Promedio diario de pérdida (kg/ha)                  | 1.76              | 2.71       | 0.32                                  | 1.89        |
| Nitrógeno tomado por la planta (kg/ha)              | 4.32              | 16.00      | 46.00                                 | -           |
| Nitrógeno aplicado en la úrea (kg/ha)               | 0.00              | 40.00      | 40.00                                 | 40.00       |
| Volumen total de agua aplicado (m <sup>3</sup> /ha) |                   | 18490      |                                       | 215.50      |
|   |                   |            | Pérdidas totales de nitrógeno (kg/ha) |             |

La semejanza que hubo entre los tratamientos  $W_1$  y  $W_2$  se debe posiblemente a que recibieron los mayores volúmenes totales de agua de riego (23748 y 22975 m<sup>3</sup> /ha) y tuvieron también las mayores pérdidas totales de nitrógeno asimilable (246.65 y 253.54 kg/ha).

Los tratamientos  $W_3$  y  $W_5$ , al igual que en el anterior caso, presentaron las menores pérdidas entre los 47 y 67 días (10.65 y 10.23 kg/ha) y las mayores en la fase reproductiva (94.81 y 90.44 kg/ha). En las otras épocas las pérdidas fueron estadísticamente iguales.

En el tratamiento  $W_4$  se presentó también la menor pérdida (6.76 kg/ha) entre los 47 y 67 días; las demás fueron estadísticamente iguales (Cuadro 3).

En el tratamiento  $W_6$  sólo se diferenciaron estadísticamente las pérdidas ocurridas entre los 47 y 67 días (5.17 kg/ha), con las ocurridas en la fase reproductiva (92.48 kg/ha).

#### 4. CONCLUSIONES

- 4.1. En general, las menores pérdidas de nitrógeno asimilable se presentaron después de la segunda aplicación de úrea (46 a 67 días).
- 4.2. En las fases de establecimiento y de maduración, el nitrógeno aportado por el suelo, agua de riego y lluvia fue suficiente para satisfacer las necesidades de la planta.
- 4.3. El mejor tratamiento fue el que se mantuvo en condiciones de saturación permanente ( $W_4$ ) durante todo el desarrollo del cultivo, ya que fue el que menor volumen de agua de riego consumió (29 o/o menos que en el tratamiento con lámina permanente de 5.0 cm), presentando además, alto rendimiento y bajas pérdidas de nitrógeno en el suelo.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. DE DATTA, S. K. et al. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in flooded tropical rice. En: Optimising agricultural production under limited availability of fertilizer. New Delhi, FAI, FAO, 1974. p.265-288.
2. DE DATTA, S. K. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. En: Cultivo del Arroz: manual de producción. México, Limusa, 1975. p. 139-174.
3. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. 3a.ed. Barcelona, Omega, 1976. 662 p.

4. PRASAD, P.; DE DATTA, S. K. Increasing fertilizer nitrogen efficiency in wetland rice. En: Nitrogen and rice. Los Baños, IRRI, 1979. p. 464-480.
5. SANCHEZ, L. F. Aspectos sobre suelos y fertilización del arroz de riego con énfasis en Colombia. Arroz (Colombia). v. 29, n. 309, p. 22-32. Noviembre-diciembre 1980.
6. VLECK, P. L. G. et al. Effect of urea placement on leaching losses of nitrogen from flooded rice soils. Plant and Soil. v. 54, n. 3. p. 441-449. 1980.