

# 12- EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ SOBRE ROTACIONES CONTRASTANTES

M. Aguirre<sup>1</sup>; J. F. López<sup>1</sup>; J. Castillo<sup>2</sup>; I. Macedo<sup>3</sup>; J. Terra<sup>4</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Productividad, Fertilización, Intensidad de uso.

## INTRODUCCIÓN

La productividad del arroz en Uruguay creció a tasas de 104 kg/ha/año desde la década del 70 para situarse entre las mayores de mundo (8,2 t/ha). El nitrógeno (N) es un nutriente limitante de la productividad y clave para explorar los rendimientos alcanzables de 11,2 t/ha en Uruguay (Carracelas *et al.*, 2016). El N del suelo es la principal fuente de N para el cultivo, pero para alcanzar altos rendimientos debe ser complementado por N de fertilizantes y/o la fijación biológica (FBN) de leguminosas. No obstante, el N del fertilizante es un insumo caro que usado en exceso puede tener externalidades ambientales negativas. Por otro lado, a nivel productivo el arroz rota con pasturas diversas y eventualmente otros cultivos, que afectan la dinámica y aporte de N del suelo. Si bien existen indicadores objetivos de suelo y planta para ajustar la fertilización del cultivo (Castillo *et al.*, 2014), es importante conocer bajo qué sistemas de rotación el suelo tiene mayor potencial de aporte de N para reducir costos productivos y mejorar la eficiencia de uso del N (EUN) (Castillo, 2018). Es escasa la información local sobre la dinámica del N en sistemas arroceros de

intensificación variable y su interacción con la fertilización nitrogenada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la dosis de N sobre el rendimiento de grano y la EUN del cultivo de arroz en rotaciones de intensidad de uso del suelo contrastantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2018-2019 se realizó un experimento parcelario de respuesta al N en arroz sobre una plataforma de rotaciones de largo plazo instalada en 2012 en la Unidad Experimental Paso de la Laguna en Treinta y Tres. Esta plataforma compara seis rotaciones arroceras en todas sus fases simultáneamente y repetidas tres veces espacialmente. Para evaluar la respuesta productiva y la EUN del N agregado se seleccionaron cultivos de arroz en tres de las seis rotaciones establecidas en 2012 (Cuadro 1): 1) Arroz continuo (AzC, 7<sup>mo</sup> arroz consecutivo) con trébol alejandrino como cobertura invernal; 2) Arroz-Pasturas Largas (Az-PL) evaluando los dos cultivos de arroz de la secuencia, el primero (Az<sub>1</sub>) luego de una pradera de 3,5 años de festuca, trébol blanco y *Lotus corniculatus* y el segundo (Az<sub>2</sub>) sobre una cobertura invernal de raigrás anual luego de Az<sub>1</sub>; y 3) Arroz-Soja (Az-Sj) sobre una cobertura invernal de trébol alejandrino luego de la soja.

**Cuadro 1.** Rotaciones de largo plazo seleccionadas donde se instaló el ensayo de respuesta a N en arroz.

Rotación	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv
AzC	Arroz	TrAlej								
Az-PL	Arroz 1	Raigrás	Arroz 2		Pastura Larga: (festuca, frébol blanco, lotus corniculatus)					
Az-Sj	Arroz	Raigrás	Soja	TrAlej.						

Referencias: (TrAlej: Trébol Alejandrino); Pri-Ver: primavera-verano; Oto-Inv: otoño-invierno.

<sup>1</sup> Estudiante Fac. de Agronomía – UDELAR.

<sup>2</sup> M.Sc. Estudiante Doctorado INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

<sup>3</sup> M.Sc. Estudiante Doctorado INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

<sup>4</sup> Ph.D. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz [jterra@inia.org.uy](mailto:jterra@inia.org.uy)

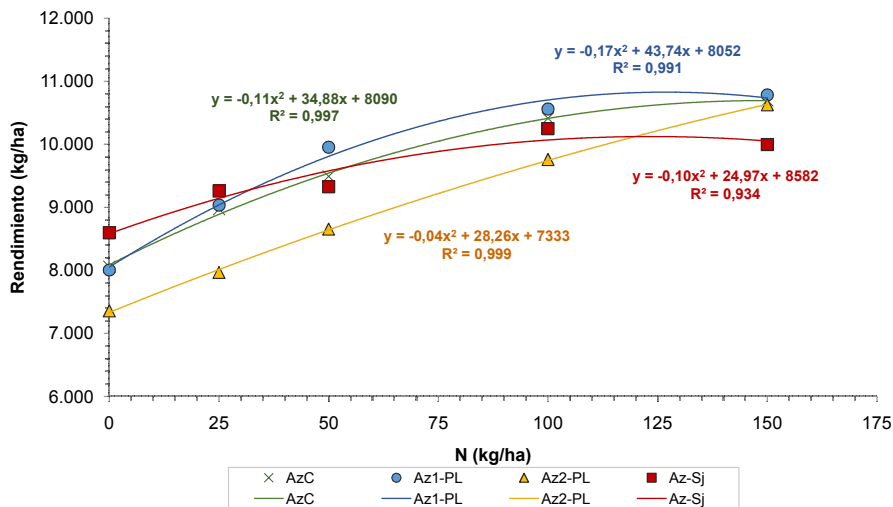
En cada parcela de arroz de las rotaciones elegidas (parcela grande), se instalaron subparcelas de 3x10m (parcelas chicas) con cinco dosis de nitrógeno: a) 0 kg/ha N ( $N_0$ ); b) 25 kg/ha N ( $N_{25}$ ); c) 50 kg/ha N ( $N_{50}$ ); d) 100 kg/ha N ( $N_{100}$ ); e) 150 kg/ha N ( $N_{150}$ ), fraccionadas 70 % a macollaje (V4) y 30 % a primordio floral ( $R_0$ ). El diseño experimental fue de bloques completos al azar (3 repeticiones) y arreglo de parcelas divididas. Las parcelas mayores correspondieron a la rotación y las menores a dosis de N. El arroz fue sembrado sin laboreo el 9 de noviembre con INIA Olimar luego de 45-60 días de barbecho químico según la rotación. La fertilización fosfatada y potásica se ajustó por niveles críticos de suelo con el programa "FertilizArr". Se hicieron dos aplicaciones de fungicidas para control de enfermedades. El resto de las prácticas agrícolas fueron las usuales de la plataforma de largo plazo. Las determinaciones durante el ciclo del cultivo incluyeron la biomasa aérea y su contenido de N cada 21 días a partir del macollaje. El rendimiento de grano (13% H) se midió con una cosechadora experimental en 20 m<sup>2</sup> de cada subparcela de N. Se cuantificó la producción de grano, rastrojo y sus contenidos de N. Se calculó la Eficiencia Agronómica de uso del N (EAN= kg de aumento de rendimiento respecto a  $N_0$ / kg de N aplicado) y el Factor Parcial de Productividad (FPPN= kg grano / kg N aplicado) (Boaretto *et al.*, 2007). El análisis estadístico se hizo con modelos mixtos donde la rotación, la dosis de N y sus interacciones fueron considerados efectos fijos y los bloques y su interacción con la rotación como efectos aleatorios. Para determinar la significancia de los efectos fijos se utilizó un test F con un  $p=0,05$ .

## RESULTADOS

El rendimiento promedio de grano (seco y limpio) fue 9388 kg/ha. La productividad me-

dia de  $Az_2$ -PL fue 7% inferior al de las otras rotaciones que no se diferenciaron entre sí (9559 kg/ha). La respuesta al agregado de N tuvo interacción con la rotación (Figura 1) y ajustó un modelo cuadrático que fue significativo hasta la dosis máxima usada en todas las rotaciones, excepto en  $Az$ -Sj. El mayor rendimiento con  $N_0$  fue observado en  $Az$ -Sj (8595 kg/ha) mientras que en  $Az_2$ -PL fue 14% menor. Sin embargo,  $Az_2$ -PL tuvo la mayor respuesta a N, alcanzando la productividad de las demás rotaciones en la dosis máxima. El mayor rendimiento de  $N_0$  relativo al máximo rendimiento (RRM) de la dosis óptima de N en el rango estudiado fue obtenido en  $Az$ -Sj (85%) y el menor en  $Az_2$ -PL (69%), demostrando la alta capacidad de aporte del suelo en nuestras condiciones. Las dosis óptimas físicas en el rango estudiado (+10 %) fueron 158, 129, 165 y 125 kg/ha N para  $AzC$ ,  $Az_1$ -PL,  $Az_2$ -PL y  $Az$ -Sj, respectivamente. Así, las dosis óptimas económicas considerando una relación insumo/producto de 5,4 (0,98U\$/Unidad de N; 0,18 U\$/kg de arroz) fueron 134, 112, 165 y 98 kg/ha N en  $AzC$ ,  $Az_1$ -PL,  $Az_2$ -PL y  $Az$ -Sj, respectivamente.

Incrementos de la dosis de N redujo la EAN en todas las rotaciones excepto en  $Az_2$ -PL que se mantuvo estable (Figura 2a). El  $Az$ -Sj tuvo la menor EAN para todos los niveles de N evaluados (16,8 kg/kg). Por otro lado, a dosis bajas  $N_{25}$  y  $N_{50}$  la mayor EAN fue observada en  $Az_1$ -PL (41,2 kg/kg) y a dosis altas en  $Az_2$ -PL (21,8 kg/kg). La EAN en la dosis de máxima respuesta física fue 17, 21, 19 y 12 kg/kg en  $AzC$ ,  $Az_1$ -PL,  $Az_2$ -PL y  $Az$ -Sj, respectivamente. Estos valores fueron algo mayores a los valores habituales de 15 kg/kg reportados en sistemas productivos globales (Castillo, 2018), pero algo por debajo del valor mínimo considerado óptimo en cereales (25 kg/kg).

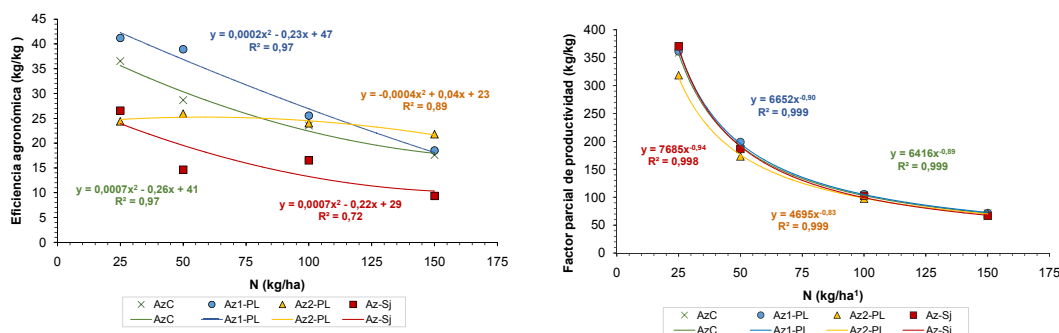


**Figura 1.** Efecto de la dosis de N sobre el rendimiento de arroz (seco y limpio) en la zafra 2018-19 en tres rotaciones estables (AzC: arroz continuo; Az-PL: Arroz-Pasturas Largas; Az-Sj: Arroz-Soja).

De igual modo, a dosis crecientes de N el FPPN se redujo en todas las rotaciones ajustando una función logarítmica (Figura 2b). En  $N_{25}$  el FPPN de  $Az_{2\_PL}$  fue 12% menor que el promedio de las otras rotaciones (364 kg/kg), mientras que a  $N_{150}$  no existieron diferencias significativas entre rotaciones (70 kg/kg). El FPPN observado en las rotaciones en la dosis óptima física y económica de N fue mayor a los valores habituales de los sistemas productivos globales (51 kg/kg) y estuvo en general por encima del valor de 80 kg/kg<sub>1</sub> recomendado como óptimo (Castillo, 2018); excepto en  $Az_{2\_PL}$ .

En Az-PL que representa 25 ( $Az_1$ ) y 50% ( $Az_2$ ) del área arrocerá uruguaya, se vieron 2 respuestas distintas. Por un lado,  $Az_1$  capitalizó el ambiente favorable luego de las pasturas: suelo de alta capacidad de aporte de N, buena respuesta a N, rendimientos óptimos a menor dosis que  $Az_2$  y destacable EUN. Sin embargo, en  $Az_2$  estas ventajas se

diluyeron y el suelo tuvo menor capacidad de aporte de N necesitando mayor dosis para alcanzar rendimientos óptimos. El menor aporte relativo de N del suelo en  $Az_2\_PL$ , pudo deberse a los rastrojos de arroz y raigrás previos con alta relación C/N y capacidad de inmovilizar N; más aún en siembra directa. En AzC, a pesar de la alta intensidad de uso, la leguminosa de cobertura y la estrategia de fertilización por balances para sostener rendimientos determinaron menor respuesta a N y EUN destacada. La fertilización con N como herramienta para manejar limitantes productivas en rastrojos fue reportado por Deambrosi *et al.*, (2005). La menor EAN y el alto RRM en Az-Sj sugiere una buena capacidad de aporte de N del suelo y menor inmovilización neta de los residuos de leguminosas con baja relación C/N. Para capitalizar estas ventajas en el arroz, es clave sostener buenos niveles de productividad, con alta proporción de N de la FBN, en la soja y la cobertura previa de trébol alejandrino.



**Figura 2.** Efecto de la rotación sobre la eficiencia de uso de N en arroz. a) Eficiencia agronómica (EAN). b) Factor parcial de productividad (FPPN). (AzC: arroz continuo; Az-PL: Arroz-Pasturas; Az-Sj: Arroz-Soja).

## CONCLUSIONES

La información sugiere que, bajo condiciones climáticas de baja radiación como las prevalentes en 2018-2019, son esperables respuestas significativas al agregado de N sobre el rendimiento del cultivo de arroz en diversas rotaciones. Sin embargo, la magnitud de las respuestas y la EUN es afectada tanto por la rotación como por los antecesos inmediatos lo que debería ser considerado en el ajuste de la dosis de N aplicada.

## BIBLIOGRAFÍA

**Boaretto, A.; Muraoka, T.; Trevelin, P.** 2007. Uso eficiente del nitrógeno en los fertilizantes convencionales. *Revista Informaciones Agronómicas del IPNI*, 120:13-14.

**Castillo, J.** 2018. Ciclo del N en el cultivo de arroz en Uruguay: Estudios con técnicas isotópicas y convencionales. Tesis M.Sc. en Ciencias Agrarias. Montevideo: UdelaR. Fac. de Agronomía. 84 p.

**Castillo, J.; Terra, J.A.; Ferreira, A.; Méndez, R.** 2014. Fertilización N en arroz en base a indicadores objetivos. ¿Qué sabemos luego de 3 años de experimentación? In: INIA Treinta y Tres. Arroz-Soja: Resultados Experimentales 2013-2014. Treinta y Tres: INIA. Cap. 3. p. 4-6. (Actividades de Difusión; 735)

**Carracelas, G.; Guilpart, N.; Grassini, P.; Cassman, K.** 2016. Determinación del potencial y de la brecha de rendimiento en los sistemas de arroz en Uruguay. In: INIA Tacuarembó. Resultados experimentales de arroz Zafra 2015-2016. Tacuarembó: INIA. p. 33-39. (Actividades de Difusión; 766)

**Deambrosi, E.; Méndez, R.; Avila, S.** 2005. Estudio sobre la problemática de disminución de los rendimientos en los rastrojos de arroz. In: INIA Treinta y Tres. Arroz. Resultados Experimentales 2004-2005. Treinta y Tres: INIA. Cap.3, p.6-16. (Actividades de Difusión; 418).