

PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL USO DEL N EN EL CULTIVO DE ARROZ EN ROTACIONES DE INTENSIDAD VARIABLE

I. Macedo¹, J. Castillo², S. Riccetto², A. Bordagorri³, J. A. Terra⁴

PALABRAS CLAVE: factor parcial productividad N, intensificación sostenible, pasturas

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el cultivo de arroz alterna generalmente el uso del suelo con la ganadería rotando con pasturas sembradas o regeneradas y ocasionalmente con otros cultivos (Molina *et al.*, 2019). Este sistema de producción, más o menos integrado, ha permitido incrementos sostenidos de la productividad con un uso relativamente bajo de fertilizantes, especialmente nitrogenados (Pittelkow, 2016). Así, la eficiencia de uso de N (EUN) en el cultivo, expresada como el factor parcial de productividad de N (FPPN: kg grano/kg N aplicado), se ha mantenido históricamente en valores próximos a 120 kg arroz/kg N (Pittelkow, 2016; Molina *et al.*, 2019). Sin embargo, el incipiente estancamiento del rendimiento durante el último lustro al tiempo de un creciente uso de N ha reducido la EUN a 105 kg arroz/kg N en los últimos años, planteando interrogantes y desafíos produc-

tivos y ambientales en diferentes escenarios de intensificación del sistema de producción. El objetivo fue evaluar el rendimiento y la EUN expresada como FPPN en el cultivo de arroz sobre distintas rotaciones contrastadas en un experimento de largo plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de rotaciones se instaló en 2012 en el Paso de la Laguna (33°16'21.47"S, -54°10'23.17"W) en INIA Treinta y Tres sobre un Brunosol subeutrico con 33 años de uso previo en una rotación arroz-pasturas estable (arroz 1/3 del tiempo). Se evaluaron 6 sistemas (cuadro 1): 1) arroz-pastura larga (Az-PL); 2) arroz-pastura corta (Az-PC); 3) arroz-soja-pastura (Az-Sj-P; 4) arroz-cultivos (Az-Cultivos); 5) arroz-soja (Az-Sj); y; 6) arroz continuo (AzC). Raigrás o trébol alejandrino se incluyeron como coberturas en otoño-invierno entre los cultivos de grano. Todas las fases de las rotaciones existieron simultáneamente en parcelas de 1200 m² replicadas tres veces en el espacio.

Cuadro 1. Detalle de las rotaciones arroceras y sus fases en el experimento de largo plazo.

Rotación	Año1		Año2		Año3		Año4		Año5		Año6	
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
Arroz-Pastura Larga	Az1	Rg	Az2	festuca+ trébol blanco + lotus								-->
Arroz-Pastura Corta	Az	Trébol rojo + raigrás		-->								
Arroz-Soja-Pastura	Az1	Rg	Sj	Rg	Sj	T.A	Az2	Lotus + festulolium				
Arroz-Cultivos	Az1	Rg	Sj	T.A	arroz	T.A	Sg	T.A	-->			
Arroz-Soja	Az	Rg	Sj	T.A	-->							
Arroz continuo	Az	-->										

Az: arroz, Sj: soja, Sg: sorgo, Rg: raigrás; T.A: trébol alejandrino; PV: primavera-verano; OI: otoño-invierno.

¹ Ing. Agr. M.Sc. INIA-UC Davis. Estudiante Doctorado.

² Ing. Agr. M.Sc. INIA. Estudiante de Doctorado, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

³ Téc. Agrop. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental.

⁴ Ing. Agr. Ph.D INIA. Director Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. jterra@inia.org.uy

La fertilización nitrogenada del arroz, a excepción en AzC, fue realizada en base al potencial de mineralización de N (PMN) del suelo en condiciones anaeróbicas utilizado por la aplicación FertizArr (Castillo *et al.*, 2014). El nitrógeno se aplicó al voleo como urea y fue fraccionado en todas las rotaciones, aproximadamente 70% a V4 (inicio de macollaje) inmediatamente antes de la inundación y 30% a R0 (primordio floral) con el suelo ya anegado. El manejo de otros nutrientes (P-K), así como las prácticas agronómicas (control de malezas, enfermedades, etc) se ajustaron para cada rotación en base a las recomendaciones generales del cultivo. El arroz se instaló con siembra directa simultáneamente en todas las rotaciones, generalmente en la 2da quincena de octubre. Los cultivares más usados fueron INIA Olimar, INIA Merín y Parao de acuerdo con las necesidades de cada rotación. Una cosechadora con monitor de rendimiento y carretón con balanza se usaron para evaluar la productividad de cada parcela drenada previamente.

El rendimiento y la EUN fueron evaluadas mediante un análisis conjunto de 5 zafras (2016-2020) utilizando modelos mixtos. En el modelo, las rotaciones y las fases fueron considerados como efectos fijos, mientras que los años, los bloques anidados en el año y sus interacciones fueron considerados como efectos aleatorios. Para determinar la significancia estadística de los tratamientos se utilizó un test F con un $P < 0,05$.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La productividad media de arroz fue 10.160 kg/ha, con un mínimo de 9.370 kg/ha en 2018-2019 y un máximo de 11.010 kg/ha en 2019-2020, rendimiento muy próximo al potencial alcanzable de 11.200 kg/ha estimado por Carracelas *et al.* (2017) con el modelo ORYZA para las condiciones climáticas y cultivares usados en Uruguay.

La mayor productividad de arroz por rotación fue observada en aquellas que incluyeron soja (Az-Sj, Az-Cultivos y Az-Sj-P) las cuales no difirieron entre sí (10.450 kg/ha) y en promedio superaron en 9,3% al rendimiento de AzC (Figura 1). Por su parte, no se detectaron diferencias significativas de rendimiento entre las rotaciones Az-PC (10.060 kg/ha) y Az-PL (9.850 kg/ha), ni entre estas comparadas con AzC (9.560 kg/ha). La incorporación de la soja a la rotación con pasturas o la sustitución de estas por la soja, aumentó 6,3% la productividad del arroz de esas rotaciones respecto a la rotación Az-PL. Esto fue explicado básicamente por la menor productividad del 2do arroz sobre rastrojo en la rotación Az-PL (9.300 kg/ha) respecto al 1er arroz (10.400 kg/ha) sobre pasturas de la misma rotación.

El arroz sembrado luego de soja en Az-Cultivos (11.000 kg/ha) fue el mayor rendimiento de todas las fases, aunque no fue diferente a los obtenidos sobre soja en Az-Sj y Az-Sj-P o sobre festuca en Az-PL. Al agrupar los datos por antecesor, el rendimiento del arroz sobre pasturas o sobre soja fue 8,4% y 13,9% mayor respectivamente que sobre rastrojos de arroz (9.430 kg/ha) que a su vez fue muy similar a la situación sobre sorgo (9.760 kg/ha).

La mayor EUN por rotación fue observada en Az-Sj, Az-Sj-P, Az-Cultivos y Az-PL (119 kg grano/kg N) que en promedio fue 17% y 88% superior a la de Az-PC y AzC, respectivamente (Figura 2). Desglosando cada fase de las rotaciones, se observa que la mayor EUN fue alcanzada sobre las pasturas de Az-PL y Az-Sj-P o sobre soja en Az-Sj con una media de 131 kg grano/kg N. Agrupando por antecesores inmediatos, la EUN sobre pasturas o soja fue 51% y 39% mayor que sobre rastrojos de arroz (82 kg grano/kg N). Las diferencias en EUN se explican por las diferencias de rendimiento ya comentadas y por un menor uso de N en arroz sobre pasturas (30%) o soja (23%) respecto a rastrojos (124 kg N/ha)

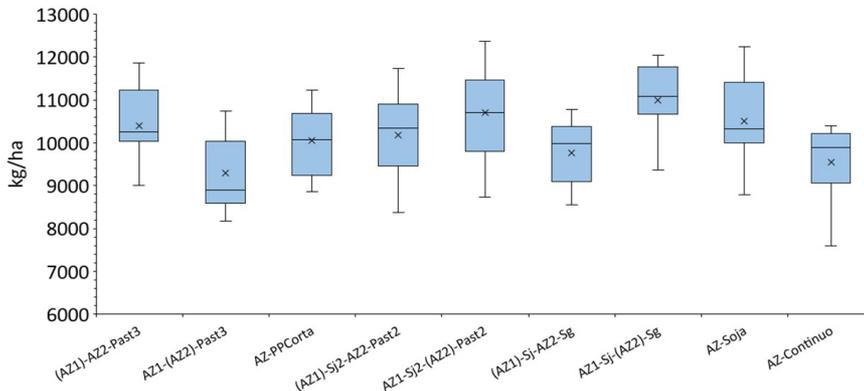


Figura 1. Rendimiento de arroz en 6 rotaciones y sus respectivas fases evaluadas en un experimento de largo plazo durante 5 años. Arroz-pasturas largas, arroz-pasturas cortas; arroz-soja-pasturas; arroz-cultivos, arroz-soja y arroz continuo. Az: arroz; Sj: soja; Sg: sorgo.

El efecto depresivo de los rastrojos de arroz sobre el rendimiento del cultivo es conocido tanto a nivel experimental como comercial. Registros de las últimas 3 zafas de SAMAN, COOPAR y CASARONE (com. pers), muestran que el rendimiento de arroz en chacras sobre retornos sin pradera, con praderas o soja fue aproximadamente 4%, 8% y 12% mayor respectivamente que sobre rastrojos. Méndez (1993), reportó que la reducción de rendimiento entre el 1er arroz de retorno y el 2do arroz sobre el rastrojo en sistemas con pasturas sembradas o regeneradas de 4 años fue de 22% y 11%, respectivamente. El autor mostró además un efecto positivo

de 15% en el rendimiento de arroz en los retornos sobre pradera respecto a aquellos sin pradera. El laboreo de verano entre dos cultivos de arroz en años alternos produjo rendimientos y EUN similares entre ambos siendo efectivo en eliminar el “efecto rastrojo” en una unidad de producción arroz-ganadería estabilizada (Deambrosi y Bonilla, 2009). Por otro lado, Castillo *et al.* (s/p) en una red de 51 experimentos de campo encontró aumentos de productividad respecto a rastrojos de 17% y 6% en siembras sobre pradera o retornos sin pradera respectivamente; con EUN próximas a 90-100 kg grano/100 kg N.

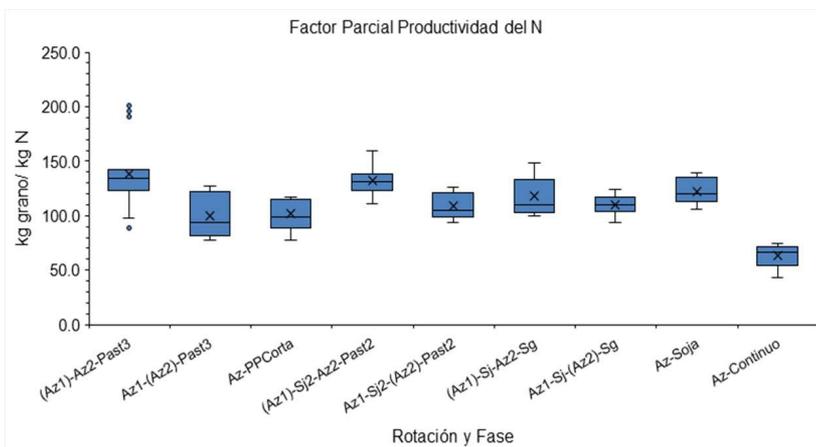


Figura 2. Eficiencia de uso de N del cultivo de arroz sobre 6 rotaciones y sus fases evaluadas durante 5 años en un experimento de largo plazo. Arroz-pasturas largas, arroz-pasturas cortas; arroz-soja-pasturas; arroz-cultivos, arroz-soja y arroz continuo. Az: arroz; Sj: soja; Sg: sorgo; Past: pasturas.

CONCLUSIONES

Existen alternativas de rotación que permiten mantener la productividad y la EUN en el arroz. El arroz sobre rastrojo produce menos, consume más N y la EUN (FPPN) es menor. La productividad sobre pasturas y/o soja no solo es mayor que sobre rastrojos sino más estable en años de oferta ambiental contrastante. Las pasturas contribuyen a sostener la productividad del arroz con menor uso relativo de N en forma más eficiente. El aumento del uso de N en el arroz para cubrir carencias de diseño no parece ser un camino sostenible para incrementar rendimiento. La soja, puede ser un gran aporte al sistema si logra estabilizar sus rendimientos con riego estratégico y no deteriora otros indicadores.

BIBLIOGRAFÍA

- 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: Arroz-Soja: Resultados Experimentales 2013-2014. INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. cap. 3. p. 4-6 (INIA Serie Actividades de Difusión 735)
- Deambrosi, E.; Bonilla, O.** 2009. Producción de arroz. In: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.H.; Ayala, W. Eds. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo (Uruguay): INIA, 2009. p. 41-50 (INIA Serie Técnica; 180)
- Méndez, R.** 1993. Rotación arroz-pasturas: análisis físico económico del cultivo. INIA Treinta y Tres, Uruguay. Montevideo: INIA 21 p. (Serie Técnica 38)
- Molina, F.; Terra, J.A.; Roel, A.** 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas en el cultivo de arroz en Uruguay. In: Arroz 2019. Montevideo: INIA. p. 1-3. (INIA Serie Técnica 250)
- Pittelkow, C.M.; Zorrilla De San Martín, G.; Terra, J.A.; Riccetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.05.003>