

# 10. LA ECONOMÍA DEL NITRÓGENO EN LOS SISTEMAS ARROZ-GANADERÍA DE URUGUAY

J. Castillo<sup>1</sup>, G. Kirk<sup>2</sup>, J. Rivero<sup>3</sup>, A. Dobermann<sup>4</sup>, S. Haefele<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** balances nutrientes, eficiencia uso del N, sistemas integrados

## INTRODUCCIÓN

Durante décadas existió una tendencia mundial a alejarse desde la agricultura mixta y los sistemas agrícolas ganaderos integrados, hacia sistemas simples e intensivos. Esto ha distorsionado los balances de nutrientes tanto a nivel de sistemas como globales, lo que ha provocado contaminación ambiental y/o el agotamiento de los nutrientes del suelo. Para evitar esto, los sistemas alimentarios deberían ser integrados y circulares en términos de nutrientes que permitan realizar presupuestos de nutrientes ajustados (Van Zanten *et al.*, 2019). Para el nitrógeno (N), se necesita una comprensión detallada de los procesos, los flujos, incluidas las formas gaseosas y los balances a nivel de componente para diseñar sistemas productivos con alta eficiencia de uso de N (EUN) en toda la cadena. En Uruguay se ha practicado un sistema arroz-ganadería único durante más de 50 años, alcanzando un alto nivel productivo de arroz (rendimientos medios de grano > 8 t/ha) y un nivel medio para el ganado (120 kg/ha/año). Sin embargo, en los últimos años se ha visto un incremento en las cantidades de N agregadas al cultivo, en ocasiones mayores a los incrementos de rendimiento alcanzado, lo que indicaría que los valores de la EUN han descendido. En un sector como el

arrocero uruguayo donde el aumento de la productividad es buscado permanentemente, cabe reflexionar respecto a si hay que mantener y aumentar los rendimientos a través de seguir incrementando las dosis de N, o mediante ajustes de manejo principalmente en el componente ganadero del sistema. El objetivo de este estudio fue cuantificar los componentes del balance de N y la EUN de este sistema, para así comprender su sostenibilidad a largo plazo. Este artículo es una síntesis del trabajo científico recientemente publicado por Castillo *et al.* (2021).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó información nacional sobre la producción de arroz, forrajes y ganadería entre 2004 y 2020 basados en reportes del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, las Estadísticas Agropecuarias de DIEA, el Instituto Nacional de Carnes y el INIA. Los aspectos relacionados a los procesos de N en el sistema fueron basados en bibliografía local e internacional. La información arrocera corresponde a una superficie promedio de 165.000 ha y el cálculo de la superficie de pasturas asociadas directamente al sistema arrocero fue 860.000 ha. No obstante, la información del componente animal para este período está disponible a nivel departamental por lo que los cálculos correspondientes al componente ganadero

<sup>1</sup> Jesús Castillo, M.Sc. Programa Nacional de Investigación en Arroz, INIA Treinta y Tres, jcastillo@inia.org.uy

<sup>2</sup> Guy Kirk, Ph.D. School of Water, Energy & Environment, Cranfield University, Cranfield, United Kingdom.

<sup>3</sup> Jordana Rivero, Ph.D. Sustainable Agriculture Systems, Rothamsted Research, North Wyke, United Kingdom.

<sup>4</sup> Achim Dobermann, Ph.D. International Fertilizer Association (IFA), Paris, France.

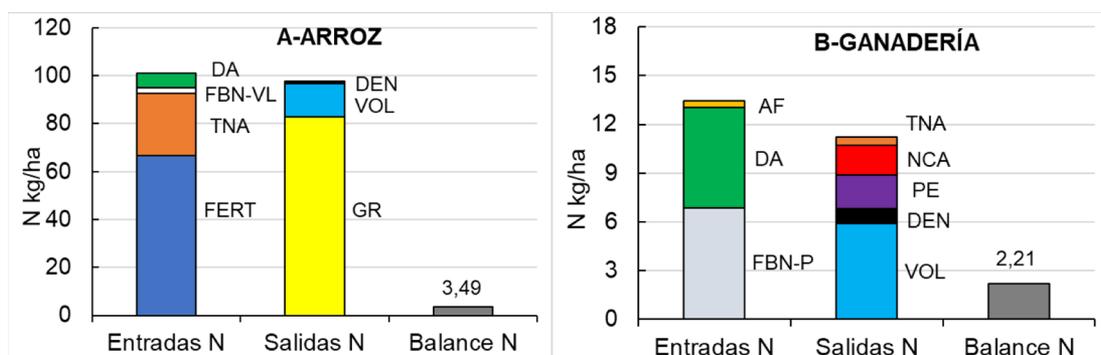
<sup>5</sup> Stephan Haefele, Ph.D. Sustainable Agriculture Systems, Rothamsted Research, Harpenden, United Kingdom.

total serán en base a 8,42 millones de ha. Los principales guarismos promedio del sistema ganadero (productividad y % pasturas mejoradas entre otros), obtenidos de las estadísticas nacionales (MGAP-DIEA) fueron similares a los reportados para el sistema ganadero inserto en la rotación arrocerá propiamente dicho (Simeone *et al.*, 2008). Información detallada de los coeficientes, metodología y cálculos realizados puede consultarse en Castillo *et al.* (2021).

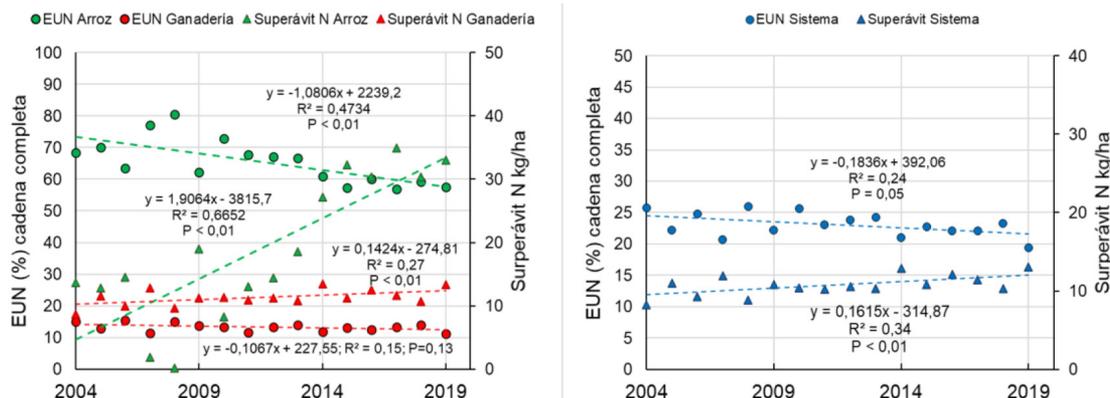
Se calculó un balance simple de N definido como entradas de N menos salidas totales de N (Balance de N = Entradas totales N – Salidas totales N). Por otro lado, se estimó la EUN de la cadena completa (%), definida como la cantidad de N retenida en grano, carne y lana que salen del sistema como productos agrícolas, respecto a todas las entradas de N (EUN % = N retenido en productos agrícolas / entradas totales de N), siguiendo lo recomendado por el EU Nitrogen Expert Panel, (2015). La misma guía fue considerada para el cálculo de superávit de N, definido como la diferencia entre todas las entradas de N y aquel retenido en los productos agrícolas (Superávit N = Entradas N total – N productos). Todos los cálculos fueron realizados a nivel de componente (arroz o ganadería) y sistema. El detalle de las entradas y salidas consideradas en cada componente para los cálculos puede apreciarse en la figura 1.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel del componente arrocerá, las entradas promedio de N en el período fueron de 101 kg/ha/año, de los cuales el 66, 25 y 8,5% fueron aportados por el fertilizante, la transferencia de N animal vía reciclaje de N del componente ganadero al arrocerá y la fijación biológica de N de organismos libres más deposiciones atmosféricas respectivamente. En el componente ganadero, las entradas fueron de mucho menor magnitud (13,4 kg/ha/año), siendo los principales contribuyentes la deposición atmosférica, la fijación de N por las pasturas y la entrada de afrechillo de arroz como alimento animal. La diferencia de escala mencionada, entre el componente arrocerá y ganadero explica los bajos valores de la fijación de N por las pasturas y las entradas de afrechillo de arroz como alimento animal. Estos valores referidos al área específica de la rotación arroz-pasturas correspondieron a 46 kg/ha/año de N fijado y a 19 kg/ha/año de N en el afrechillo de arroz. Las salidas promedio de N en el componente arrocerá fueron de 98 kg/ha/año, explicados por el N retenido en grano (84%) y la volatilización (15%). La información relacionada al balance es presentada en la figura 1. En base a las entradas y salidas de N mencionadas para cada componente el balance de N fue de +3,49 y +2,20 kg/ha/año



**Figura 1.** Balance de N del sistema arroz-ganadería: (A) Componente arroz, (B) Componente ganadería. Los valores corresponden al promedio entre 2004-2005 al 2019-2020. Las entradas fueron: FERT= fertilizantes, TNA= transferencia de N del animal, FBN-VL= fijación de N por organismos libres, DA= deposición atmosférica, GR= N en grano, VOL= volatilización, DEN= desnitrificación, FBN-P= fijación de N por pasturas, AF= afrechillo, PE= percolación N, NCA= N removido en producto animal.



**Figura 2.** Cambios desde 2004-2005 a 2019-2020 de la EUN (=salidas N producto/entradas N total x 100) y superávit de N (= entradas totales N - salidas N en productos) para los componentes arroz y ganadería (izquierda) y a nivel de sistema (derecha).

para el arroz y la ganadería respectivamente mientras que para el sistema en su conjunto el balance fue de +2,22 kg/ha/año.

Durante el período bajo estudio, las cantidades de N agregado al cultivo de arroz se incrementaron en un 64%, desde 50 kg/ha/año N en el año 2004 en términos promedio hasta 82 kg/ha/año en 2020 (información no mostrada). Esto significó que, en el mismo período, la EUN disminuyó un 20%, desde 72 a 58%. Por tratarse de procesos contrapuestos, a medida que la EUN disminuye, el superávit de N que potencialmente puede ser perdido al ambiente tiende a subir. En tal sentido, el superávit de N en el componente arrocero al menos se triplicó en el período de estudio (Figura 2). Son varios los ejemplos en el mundo donde estas mismas trayectorias han operado y se han mantenido constantes, presentando en la actualidad EUN muy bajas con problemas ambientales severos. Las características del componente ganadero, de muy bajas entradas de N exógeno y sostenidas productividades promedio, explican la relativamente baja y estable EUN a lo largo del período, al igual que el superávit de N. Analizados a nivel de sistema, y debido a que el componente ganadero es de mayor área, la EUN y el superávit fueron similares al componente ganadero. No obstante, y explicado por lo sucedido en el componente arrocero la EUN del sistema disminuyó cerca de 5% y el superávit de N se incrementó entorno al 2%. En el período analizado, en promedio

un 66% y un 13% del N total que entró al sistema fue retenido en el grano y los productos animales que salen del sistema respectivamente. El valor de EUN alcanzado por el componente arrocero (66%) es alto cuando se lo compara con ejemplos agrícolas internacionales, sin embargo, el componente ganadero presenta una EUN de media a baja (13%). Existen propuestas a nivel nacional que permitirían incrementar la productividad y EUN del sistema ganadero (Kanter *et al.*, 2016), lo que potenciaría al componente arrocero, debido a mayores cantidades de N reciclado de la ganadería al arroz, haciendo que este último componente dependa menos de las entradas de N vía fertilizantes para sostener o aumentar al actual nivel productivo.

### CONCLUSIONES

Es posible obtener más ganancias en la eficiencia del N mediante una mejor integración de los componentes del sistema. Las acciones para aumentar la EUN a nivel del sistema incluyen el aumento de la productividad de los pastos y el ganado y el control del uso cada vez mayor de fertilizantes nitrogenados en el arroz. Los sistemas de cultivo y ganadería estrechamente integrados pueden desempeñar un papel importante en la remodelación de la agricultura mundial para alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria, medio ambiente y sostenibilidad socioeconómica.

## BIBLIOGRAFÍA

**Castillo, J.; Kirk, G. J. D.; Rivero, M. J.; Dobermann, A.; Haefele, S. M.** 2021. The nitrogen economy of rice-livestock systems in Uruguay. *Global Food Security*, 30(July), 100566. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100566>

**EU Nitrogen Expert Panel. 2015.** Nitrogen Use Efficiency (NUE)-an indicator for the utilization of nitrogen in agriculture and food systems. Wageningen, Netherlands: Wageningen University. Consultado: <http://www.eunep.com/reports/>

**Kanter, D. R.; Schwoob, M. H.; Baethgen, W. E.; Bervejillo, J. E.; Carriquiry, M.; Dobermann, A.; Ferraro, B.; Lanfranco, B.; Mondelli, M.; Penengo, C.; Saldias, R.; Silva, M. E.; Soares de Lima, J. M. S.** 2016. Translating the Sustainable Development Goals into action: A participatory backcasting approach for developing national agricultural transformation pathways. *Global Food Security*, 10, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.08.002>

**Simeone, Á.; Andregnette, B.; Buffa, J. I.** 2008. Variables que afectan el resultado físico y económico de la ganadería en los sistemas arroz-pasturas del este. In Simeone, A; Andregnette, B.; Buffa, J. I. (Eds.), *Producción De Carne Eficiente En Sistemas Arroz- Pasturas*. Montevideo (Uruguay): INIA, 2008. p. 19–39. (Serie FPTA-INIA, 22)

**van Zanten, H. H. E.; van Ittersum, M. K.; De Boer, I. J. M.** 2019. The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, 21, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003>