

## BALANCE DE NUTRIENTES DE DIFERENTES ROTACIONES ARROCERAS MANEJADAS CON DISTINTOS CRITERIOS DE FERTILIZACIÓN

J. Castillo<sup>1</sup>, I. Macedo<sup>2</sup>, J. Terra<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Rotaciones, cultivos graníferos, pasturas leguminosas

### INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de una buena condición nutricional del suelo en el largo plazo es un aspecto de suma importancia como forma de asegurar y mantener altas productividades. En tal caso, el balance de nutrientes parece ser una herramienta que nos ayuda a valorar el producto de las entradas y las salidas y así conocer el estatus nutricional de un sistema dado y definir las prácticas de fertilización más convenientes. Si bien estos balances son realizados en general con un horizonte anual (Ciampitti y García, 2008), considerarlos en el largo plazo para aquellas situaciones donde se incluye más de un cultivo puede ser más ajustado ya que en el sistema suelo planta muchas veces existen transformaciones que exceden al período de crecimiento de un cultivo, como por ejemplo, la residualidad del fósforo (García, 2003).

El objetivo del trabajo fue realizar un balance de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en un ciclo de rotaciones de 5 años para conocer la magnitud de la diferencia entre entradas y salidas de estos nutrientes en rotaciones con diferentes intensidades, cultivos y manejos de la fertilización.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cálculo de los balances, fue utilizada la información de productividad y fertilización del experimento de rotaciones arroz-pasturas-otros cultivos de INIA. El mismo se encuentra en su quinto año de funcionamiento (2012/13 – 2016/17), siendo los cálculos realizados para las 6 rotaciones (R) presentes. En todas las R el cultivo de arroz está presente con diferente grado de participación. Los balances fueron calculados para: R1=Arroz continuo, R2=Arroz-Soja-Arroz-Sorgo, R3=Arroz-Pastura mezcla corta (1,5 años), R4=Arroz-Arroz-Pastura mezcla larga (3,5 años), R5=Arroz-Soja-Soja-Arroz-Pastura intermedia (2,5 años) y R6=Arroz-Soja. En cada rotación son incluidos trébol alejandrino o raigrás como cultivos de cobertura. Mientras que el trébol es antecesor de todos los arroces y sorgos de las diferentes rotaciones, el raigrás lo es de las sojas salvo en la R4 (testigo tecnológico) donde es utilizado raigrás entre los 2 arroces simulando las situaciones de producción reales. Para este cálculo no fue considerada fijación de N por el trébol alejandrino en las rotaciones donde participa. No obstante, para todas las rotaciones que tienen pasturas mezclas en la secuencia (R3, R4 y R5), se asumió una fijación por parte de las leguminosas que acompañan esa mezcla de 50 kg/ha/año de N. Para el caso de la soja, se asumió una contribución de N de la fijación biológica del 50% por lo que el restante N se asume proviene del suelo.

Por tratarse de un experimento que presenta todas las fases de la rotación en el mismo año, los valores del cálculo del balance de N, P y K presentados corresponden al promedio anual de cada fase para una rotación dada. No todas las rotaciones cuentan con igual manejo de la fertilización, siendo utilizados 2 enfoques. Por un lado están las rotaciones que se basan en el criterio de reposición de nutrientes (R1 y R6) mientras que las restantes se basan en el criterio de nivel de suficiencia (Macnack *et al.* 2011). La extracción del cultivo de arroz fue calculada por medio del producto del rendimiento logrado y la concentración de N, P y K en grano según Quinteros (2009). Para el caso de de soja y sorgo la concentración de nutrientes utilizada fue en base a los reportes de IPNI (2017). Para evaluar diferencias en el balance de N, P y K entre

<sup>1</sup> Ing. Agr., INIA Programa Arroz. jcastillo@tyt.inia.org.uy

<sup>2</sup> Ing. Agr., INIA Programa Sustentabilidad Ambiental. imacedo@tyt.inia.org.uy

<sup>3</sup> Ph.D., INIA. Programa Sustentabilidad Ambiental. jterra@tyt.inia.org.uy

rotaciones se utilizó un diseño de bloques completos al azar fijando el nivel de significancia a 5% según Tukey.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Existieron 3 rotaciones (R1, R3 y R4) que luego de 5 años presentaron balances positivos de N mientras que las restantes 3 (R2, R5 y R6) presentaron balances negativos en diferente magnitud (figura 1). En términos generales, el alto balance positivo de N de la R1 se explica por la definición de fertilizar al arroz con el equivalente a las cantidades extraídas por un cultivo de 11 t/ha. La no concreción de esta productividad a lo largo del período ha hecho que a fin de ciclo se haya generado un balance positivo de 365 kg/ha. Hay que considerar también que no se está contabilizando el N que pueda provenir por la fijación biológica del cultivo de cobertura (trébol alejandrino), lo que arrojaría un balance más positivo aún. Queda la incógnita del destino de ese exceso de N en el sistema, el que potencialmente podría quedar en parte retenido en la biomasa microbiana del suelo, tener como destino alguna parte del ambiente o una mezcla de ambos. Posiblemente, los niveles de N producto del balance positivo de este nutriente expliquen la inexistencia de diferencias entre los niveles iniciales de parámetros de N (potencial de mineralización de N) con los encontrados luego de 5 años de arroz continuo como se verá en el artículo siguiente de esta publicación. En el caso del balance positivo de N para las otras 2 rotaciones, se trata de 60 kg/ha (R3) y 25 kg/ha (R4), los que anualmente significan pocos kg de N. Para estas 2 rotaciones la contabilización del aporte de las pasturas genera un balance positivo de 30 kg/ha/año correspondiendo a un balance levemente positivo. Por otro lado, las rotaciones con balances negativos (R2, R5 y R6) corresponden a rotaciones sin la inclusión de pasturas en su rotación. Aparte de esta vía que mejoraría el balance hay que considerar que la fijación del trébol alejandrino no está realizada por lo que el desbalance de N podría ser menos importante. Otro aspecto a considerar es que se asumió para estos cálculos una fijación de N por la soja del 50% de sus requerimientos. Si esta contribución subiese hasta el 80% también el desbalance prácticamente desaparecería. En el caso de P, salvo la R1, todas las restantes generan balances levemente positivos y como se verá en el capítulo siguiente, se corresponde con el hecho de que varias rotaciones culminan el período con valores de P en suelos superiores al de inicio. Finalmente, todas las rotaciones generaron balances entre positivos y tendiendo a la neutralidad de K a fin del primer ciclo de rotaciones. Esto se explica básicamente por un agregado de K anual levemente superior a la extracción del cultivo. El mayor balance de K (R1) significó que no existieran cambios en los valores de K del suelo a fin de período en comparación al inicio (ver siguiente artículo), al igual que la rotación con el balance menor (R4). En el primer caso se trató de una rotación con alta extracción de K en grano producto del cultivo de arroz continuo pero con agregados importantes de este nutriente y en el segundo caso se debió a la existencia de un 50% menos de arroz (50% menos de extracción) si bien el agregado de K fue puntual. Para las restantes rotaciones, balances que oscilaron entre los 40 y 60 kg/ha a fin de período significaron valores de K en suelo inferiores a los del punto de partida.

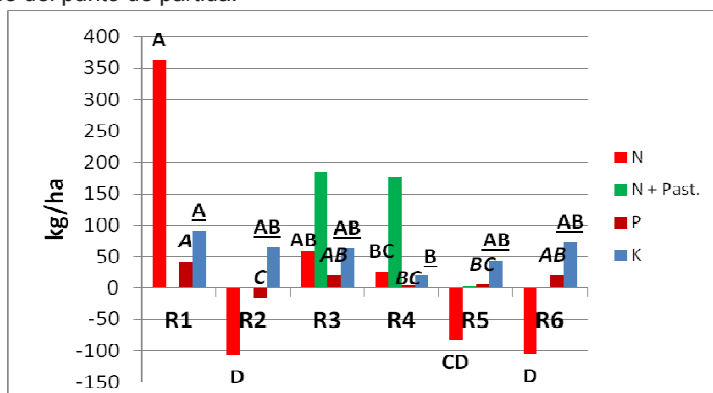


Figura 1. Balances de N, N considerando aporte por pasturas mezcla con leguminosas (N + Past), P y K de las diferentes rotaciones estudiadas, luego de 5 años. Letras diferentes significan resultados estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) para un mismo nutriente para la comparación entre rotaciones.

Aquellas rotaciones fertilizadas por el criterio de reposición de nutrientes, presentaron diferencias ( $p < 0,05$ ) en el balance obtenido de los 3 nutrientes frente a las rotaciones fertilizadas por nivel de suficiencia. Por otro lado, la comparación entre rotaciones sin y con pasturas en la rotación, mostró balances de N y K superiores en las rotaciones sin pasturas frente a las rotaciones que las incluyen (cuadro 1).

Cuadro 1. Contrastes entre criterio de fertilización y rotaciones con y sin pasturas para los balances de N, P y K.

Contraste	N	-Balance-P	K
Fertilización Reposición vs. Nivel de suficiencia R1-R6 vs. R2-R3-R4-R5	+ <0,0001	+ 0,0008	+ 0,035
Rotaciones cultivos vs. Rotaciones cultivos-pasturas R1-R2-R6 vs. R3-R4-R5	+ 0,036	ns	+ 0,012

## CONCLUSIONES

La mitad de las rotaciones (R1, R3 y R4) presentaron balances positivos de N producto del agregado de este nutriente por encima de lo removido por el cultivo. Las restantes (R2, R5 y R6) que obtuvieron balances negativos corresponden a rotaciones que no incluyen pasturas y tienen soja en la rotación. Seguramente asumir solo un 50% de fijación por este cultivo explique en parte estos resultados.

En términos generales, salvo la R2 con un balance levemente negativo de P, todas las demás rotaciones presentaron balances levemente positivos a fin de ciclo lo que se correspondieron en gran medida con aumentos de P en suelo a fin de período.

Contrariamente, si bien todas las rotaciones generaron balances positivos de K solo algunas (R1 y R4) mantuvieron los valores de K en suelo originales.

La fertilización por reposición de nutrientes así como el uso de pasturas en la rotación, generaron balances positivos superiores en comparación a las rotaciones con fertilización por nivel de suficiencia y sin uso de pastura.

## AGRADECIMIENTOS

A los asistentes de investigación Alexander Bordagorri y Alexandra Ferreira por su contribución en la preparación y análisis del presente y siguiente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

**CIAMPITTI, I.A. GARCÍA, F.O. 2008.** Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. Revista Horizonte A. AñoIV.18.22-28.

**GARCÍA, F.O. 2003.** Balance de nutrientes en la rotación: impacto en rendimiento y calidad de suelo. En: 2do Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa. (En línea) Consultado 12 de diciembre de 2016. Disponible en: [http://www.producción-animal.com.ar/suelos\\_ganaderos/12-balance\\_nutrientes\\_en\\_la\\_rotación.pdf](http://www.producción-animal.com.ar/suelos_ganaderos/12-balance_nutrientes_en_la_rotación.pdf)

**IPNI. 2015.** Crop nutrient removal calculator. (En línea) Consultado 1 de agosto de 2017. Disponible en: <https://www.ipni.net/app/calculator/home>

**MACNACK, N. CHIM B.K. AMEDY, B. ARNALL, B. 2011.** Fertilization based on Sufficiency, Build-up and maintenance concept. (En línea) Consultado 5 de Julio de 2014. Disponible en: <http://npk.okstate.edu/documentation/factsheets/PSS-2266web.pdf>

**QUINTERO, C. 2009.** Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina. Tesis Doctoral. Ediciones de la Fundación para el desarrollo Agropecuario. (En línea) Consultado el 1 de agosto de 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/5680>. ISBN: 978-84-692-8861-0.