



INIA

# Nuevas rotaciones arroceras: primeros datos de productividad

I. Macedo, J. Castillo, N. Saldain,  
S. Martínez, W. Ayala, J. Hernández,  
N. Serrón, A. Bordagorri, G. Zorrilla,  
J. Terra / INIA Treinta y Tres

**E**n Uruguay históricamente el cultivo de arroz ha rotado con pasturas. En los últimos años con la expansión agrícola que también alcanzó la zona arroceras, comenzaron a aparecer otros cultivos en la rotación. Adicionalmente, la frecuencia del cultivo de arroz también ha ido en aumento (más rastrojos y menos retornos -Grupos de Trabajo de Arroz). Por lo tanto el primero y el segundo punto evidencian una intensificación de la rotación arroceras.

Un término que quizá no sea tan familiar pero que cada vez se oye con mayor frecuencia es el de intensificación sostenible, que en resumen propone producir más, mejorando la eficiencia del uso de insumos y preservando recursos naturales tales como el agua y el suelo.

La rotación arroz-pastura ha sido ampliamente estudiada y demostrada como una alternativa productiva, estable y ambientalmente ventajosa (Deambrosi, 2009). Es entonces que surge la pregunta sobre “¿qué ocurre cuando nos movemos a sistemas más intensos?” ya sea en términos de productividad, dinámica de enfer-

medades, plagas y malezas, así como también con indicadores ambientales como la calidad del suelo, del agua y las emisiones de gases invernadero, entre otros.

Para responder estas interrogantes en el año 2012 se instaló en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres, un experimento de largo plazo que contrasta distintos sistemas de rotaciones. Dicho ejercicio constituirá una plataforma fundamental para la investigación de los siguientes años, en procura de generar lineamientos, indicadores y coeficientes técnicos para una intensificación agrícola sostenible.

El siguiente artículo muestra el comportamiento productivo, de los cultivos de arroz, soja, sorgo y pasturas en los distintos sistemas de producción o rotaciones evaluados en estos primeros cuatro años, los cuales suponen un período de estabilización en un ensayo de largo plazo. De cualquier manera los mismos permiten avanzar en el entendimiento de la dinámica de las distintas rotaciones.

### ROTACIONES

Se evalúan 6 rotaciones, repetidas 3 veces en el espacio y cuyas fases se presentan todas al mismo tiempo (Cuadro 1). Los sistemas varían en función de sus componentes así como de su duración. Partiendo desde los sistemas más intensos a los menos intensos encontramos monocultivo de arroz,

arroz-soja, arroz-soja-arroz-sorgo, todos estos con una intensidad de un cultivo por año (agricultura continua). Por otro lado, rotaciones menos intensas, tales como arroz-pradera permanente corta, arroz-soja-pradera permanente corta y arroz-pradera permanente larga se presentan con 0.5, 0.66 y 0.4 cultivos por año respectivamente.

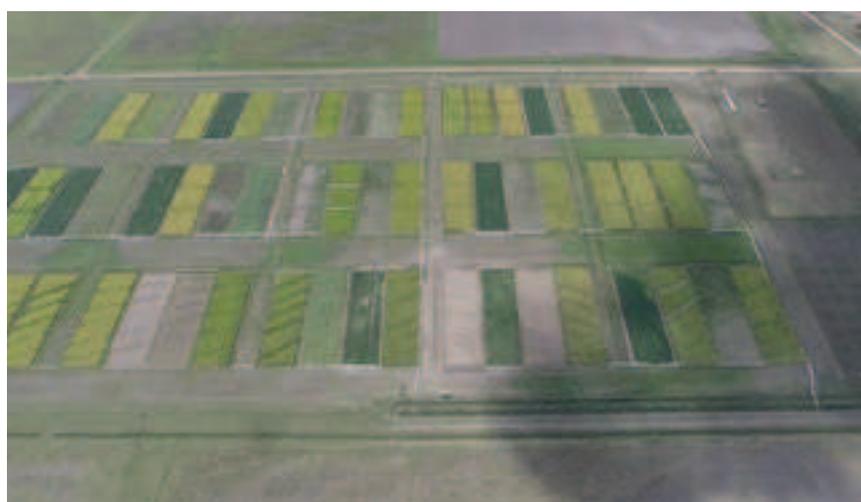
AÑO	1		2		3		4		5		6	
ROTACIÓN	PV	OI	PV	OI								
AZ- CONTINUO	ARROZ	CC										
AZ- SOJA	ARROZ	CC	SOJA	CC								
AZ- CULTIVOS	ARROZ 1	CC	SOJA	CC	ARROZ 2	CC	SORGO	CC				
AZ- PP CORTA	ARROZ		PASTURA									
AZ- SOJA- PP CORTA	ARROZ 1	CC	SOJA	CC	SOJA	CC	ARROZ 2		PASTURA			
AZ- PP LARGA	ARROZ 1	CC	ARROZ 2		PASTURA							

Cuadro 1. Esquema de las rotaciones evaluadas en el experimento de largo plazo.

Referencias: AZ: arroz; PP: pradera permanente; CC: cultivo de cobertura; PV: primavera-verano; OI: otoño-invierno.

### PRODUCTIVIDAD: ARROZ

Los rendimientos del cultivo de arroz para todas las zafras han sido aceptables a buenos (Cuadro 2). El rendimiento promedio para los cuatro años fue de 9.450 kg/ha, la mayor productividad (10.104 kg/ha) se obtuvo en la zafra 2015-2016. De los cultivos evaluados, el arroz es el que ha presentado menor variación entre años (6 % CV). Las variedades utilizadas dependen de la rotación y de la situación de la misma y los datos que se presentan son el promedio de todas las parcelas. El fin de utilizar distintas variedades es para contemplar por ejemplo la rotación de principios activos de herbicidas, la tolerancia a enfermedades de tallo y vaina cuando se siembra arroz sobre arroz. Generalmente los materiales usados han sido variedades generadas por INIA, como INIA Olimar, Parao, INIA Merín, CL 212 y CL 244, o cuando las siembras se van a fechas un poco más tardías que lo normal (INIA Tacuarí).



ZAFRA	RENDIMIENTO (KG/HA)	DESVÍO ESTÁNDAR (KG/HA)
2012-2013	8.997	±739
2013-2014	8.932	±1.036
2014-2015	9.802	±1.005
2015-2016	10.104	±897

Cuadro 2. Rendimiento (seco y limpio) y desvío estándar de arroz para cuatro zafras (promedio de todos los tratamientos).

Como se mencionó anteriormente, este experimento fue iniciado en el año 2012, por lo que algunos sistemas no están estabilizados, es decir, sistemas en los cuales el largo de la rotación es mayor a cuatro años. A pesar de ello se comienza a visualizar diferencias en productividad (Figura 1). Los mayores rendimientos y menos variables se alcanzaron en las rotaciones AZ-Cultivos y AZ-Soja, 10.360 kg/ha (6,5 % CV) y 9.970 kg/ha (5 % CV) respectivamente. Para el resto de las rotaciones los rendimientos han sido aceptables con promedios por encima de los 9.000 kg/ha, con valores que alcanzan o superan las 10 toneladas/ha.

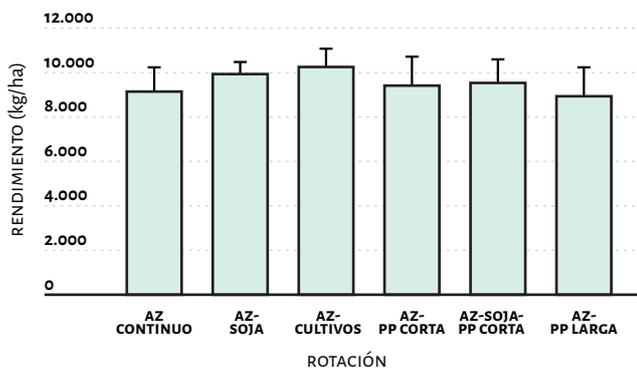


Figura 1. Rendimiento seco y limpio de arroz según rotación.

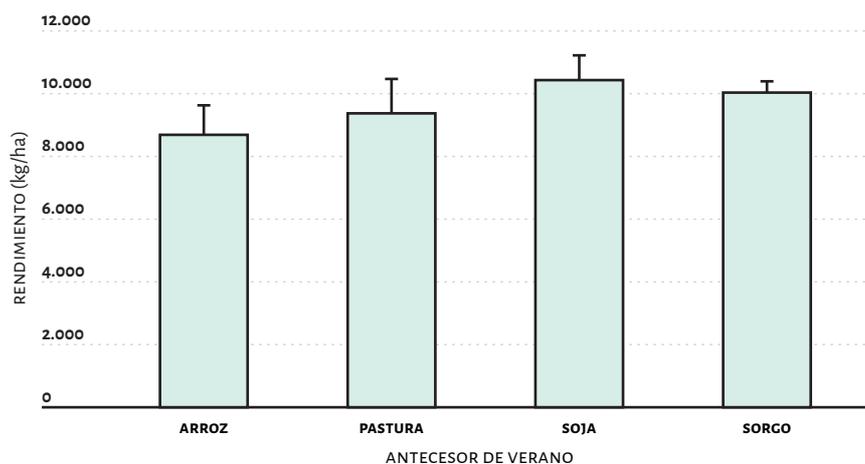


Figura 2. Rendimiento seco y limpio de arroz según antecesor de verano.

Debido a la diversidad de situaciones que existen en estos sistemas, otro punto de vista para ver los rendimientos es según el antecesor de verano (pastura o cultivo previo al cultivo de arroz). Como es posible observar en la Figura 2, los rendimientos del arroz sobre cultivos de verano fueron menos variables que sobre arroz o pasturas, alcanzando 10.470 kg/ha y 10.040 kg/ha sobre soja y sorgo, respectivamente. Visto de otra manera, cuando comparamos el efecto de cada antecesor respecto al promedio general, los antecesores soja y sorgo presentan un efecto positivo en el rendimiento del 8,9 % y 4,5 % respectivamente.

### SORGO Y SOJA

A diferencia del cultivo de arroz, la soja y el sorgo han presentado una mayor variabilidad en el rendimiento entre años. En el caso del cultivo de soja el rendimiento promedio para las cuatro zafras fue de 2.315 kg/ha (42 % CV) y para el sorgo estuvo en torno a 4.700 kg/ha (47 % CV). Como es visible en el Cuadro 3 el menor rendimiento se registró en la zafra 2013-2014, vinculado a los excesos hídricos ocurridos al inicio de la fase reproductiva. Las diferencias de rendimiento entre las primeras dos zafras fueron asociadas a las fechas de siembra y a las condiciones climáticas durante el ciclo (Terra et al., 2014). La zafra 2014-2015 tuvo la peculiaridad de ser muy contrastante en sus dos mitades en relación al régimen hídrico.



Durante la misma se realizaron dos riegos estratégicos en estadios reproductivos del cultivo de soja en dos de los tres bloques, obteniendo debido al riego una diferencia de rendimiento de 1.200 kg/ha (Macedo et al., 2015). En la última zafra las condiciones climáticas con exceso de precipitaciones al momento de la cosecha no permitieron realizar esta labor en tiempo y forma, por lo que el rendimiento del cultivo de soja se vio afectado.



Cuadro 3. Rendimiento seco (13 % H) de sorgo y soja para cuatro zafras.

ZAFRA	SORGO		SOJA	
	RENDIMIENTO (KG/HA)	DESVÍO ESTÁNDAR (KG/HA)	RENDIMIENTO (KG/HA)	DESVÍO ESTÁNDAR (KG/HA)
2012-2013	7.824	±196	3.309	±249
2013-2014	2.737	±427	1.319	±373
2014-2015	3.670	±490	3.006	±770
2015-2016	4.800	±700	1.626	±480

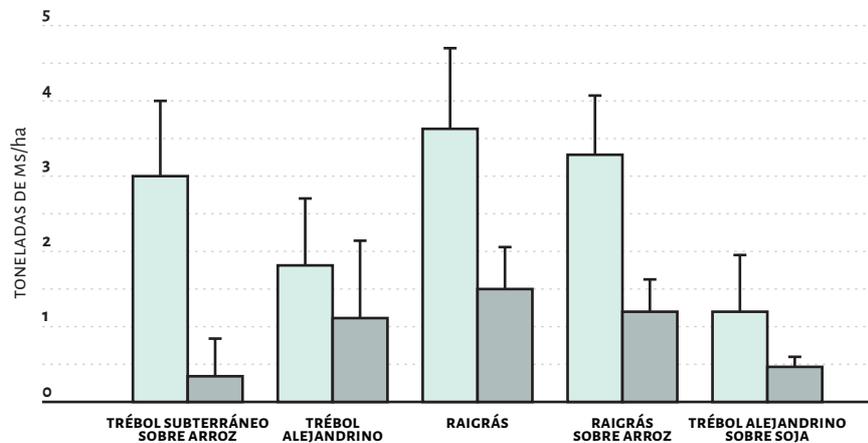
### PASTURAS

Distintos tipos de pasturas son incluidos en las rotaciones, dependiendo del tiempo disponible para ellas. El criterio general es mantener siempre el suelo cubierto en las distintas rotaciones y así evitar pérdida de nutrientes y enmalezamientos. Entre cultivos de verano se siembran gramíneas o leguminosas anuales en cobertura, en el caso de las segundas, con el fin de poder incorporar nitrógeno al sistema. En la Figura 3 se muestra la producción de materia seca de las distintas especies. Se ve claramente que la producción de las leguminosas anuales resulta pobre, siendo superior la producción de gramíneas (raigrás) en estas condiciones.



Figura 3. Producción de materia seca (total y aportada por la especie) para gramíneas y leguminosas anuales incluidas entre cultivos de verano. Promedio de tres años durante el periodo marzo-setiembre.

MST  
 MSEspecie





En tres de los seis sistemas (AZ-PPcorta, AZ-Soja-PPcorta y AZ-PPlarga) al salir de la fase de cultivos se siembran, también en cobertura, pasturas permanentes. Éstas, a diferencia de las pasturas anuales, son pastoreadas con animales. Las tres mezclas incluyen leguminosas con el objetivo de que aporten nitrógeno al sistema, y sea utilizado por el cultivo de arroz, disminuyendo así las necesidades de fertilización con urea. La Figura 4 muestra la producción de materia seca de las distintas mezclas. La mezcla de trébol rojo y raigrás bianual es incluida en la rotación AZ-PPcorta y presenta una duración de un año y medio. Su productividad en los últimos tres años estuvo en torno a 2.6 t MS/ha/año. En la rotación AZ-PPlarga, donde la duración de la pastura es de tres años y medio, se incluye Festuca (gramínea perenne) y uno de los objetivos, entre otros, es mantener el suelo cubierto durante el verano, evitar que colonice la gramilla y en consecuencia aumentar la persistencia de la pradera. La producción de esta mezcla rondó las 5.1 t MS/ha/año. En la mezcla de Festulolium y Lotus, incluida en el sistema AZ-Soja-PPcorta donde la pastura dura dos años y medio en la rotación, se registraron productividades de 2.7 t MS/ha/año.

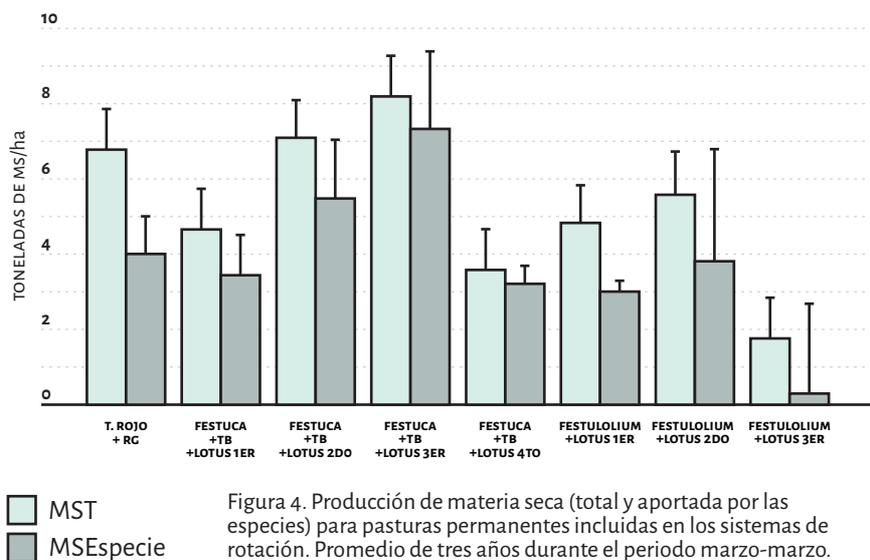


Figura 4. Producción de materia seca (total y aportada por las especies) para pasturas permanentes incluidas en los sistemas de rotación. Promedio de tres años durante el periodo marzo-marzo.

## CONSIDERACIONES

La productividad del cultivo de arroz ha sido buena y estable en estos cuatro años. Llama la atención la baja performance relativa del arroz en la rotación que incluye pradera larga, por debajo incluso del arroz continuo como resultado de la baja productividad del segundo arroz de esa rotación.

La inclusión de cultivos alternativos como sorgo y soja en los sistemas comienza a evidenciar una mejora en la productividad del siguiente cultivo de arroz. Entender los procesos que gobiernan estas respuestas es de suma importancia para conocer el rumbo que puedan tomar los sistemas.

Existió una alta variabilidad interanual del rendimiento de los cultivos de soja y sorgo que es necesario reducir a través del manejo agronómico para estabilizar productividad e ingresos. La inclusión del riego es una alternativa a evaluar mejor de forma estructural.

La producción de biomasa de las distintas leguminosas utilizadas como puente entre cultivos ha sido en general pobre, siendo superior en esas condiciones el aporte de gramíneas anuales como raigrás. La rotación más larga con

pasturas permanentes muestra rendimientos estables a lo largo de los años, a pesar de que con el tiempo el componente gramínea (*Festuca*) domina sobre las leguminosas. Es de destacar la buena instalación de la *Festuca* en cobertura sobre rastrojos de arroz. Dentro de las rotaciones cortas, mezclas de Trébol rojo-raigrás o *Lotus corniculatus-Festulolium* resultan las más productivas. Existe potencial de mejora sobre los rendimientos logrados, combinando con una adecuación de la fertilización en algunos casos (ej. verdes).

La estabilización de las rotaciones en los próximos años permitirá ir ajustando coeficientes e indicadores sobre el impacto de cada una de ellas para la toma de decisiones agronómicas, conociendo cuál o cuáles son las que mejor se adaptan a cada sistema productivo. ◻

## REFERENCIAS

<http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/programas-nacionales-de-investigaci%C3%B3n/Programa-Nacional-de-Investigacion-en-Produccion-de-Arroz/informes-de-zafras>

DEAMBROSI, E. Importancia de la investigación integrada a escala semi-comercial In: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.; Ayala, W., eds. *10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería*. Montevideo (Uruguay): INIA, 2009. p. 79-86 (INIA Serie Técnica N° 180)

TERRA, J.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.; MARTÍNEZ, S.; BERMÚDEZ, R.; HERNÁNDEZ, J.; MACEDO, I. 2014. *Rotaciones Arroceras: Resumen de resultados productivos en las primeras zafras*. Actividad de Difusión 735. INIA Treinta y Tres Cap. 9, p.22-24.

MACEDO, I.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.; MARTÍNEZ, S.; BERMÚDEZ, R.; AYALA, W.; HERNÁNDEZ, J.; TERRA, J. 2015. *Rotaciones Arroceras: Resumen de resultados productivos en las primeras tres zafras*. Actividad de Difusión 748. INIA Treinta y Tres Cap. 6, p.1-3.

**Stara**  
Evolución Constante

**Imperador 3.0**

**Twister 5500**

**Hércules 10000**

**Starplan**

**Tornado 1300**

Importa y representa

**MCS**

Avda. Lavalleja 400 - Mercedes, Soriano  
Tel: 4532 7674  
www.nacresol.com

Distribuidor autorizado

**AGROCENTRO**