

UDE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE ROTACIONES
ARROCERAS CONTRASTANTES**

Tesistas:

Fermín Puig

Julio Tarán

TESIS presentada como uno
de los requisitos para
obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

Montevideo

2020

ANÁLISIS ECONÓMICO DE ROTACIONES ARROCERAS CONTRASTANTES

Tutor:

Ing. Agr. (MSc) Ignacio Macedo

Cotutor:

Ing. Agr. (PhD) José Terra

Tesistas:

Fermín Puig

Julio Tarán

Montevideo

Octubre, 2020

HOJA DE APROBACIÓN

Por esta hoja no se preocupe porque se las dan en el momento de tener que imprimir el documento, tiene que estar para que la numeración quede bien.

Tesis aprobada por:

--- Nombre completo y firma

Nota final: -----

Fecha: -----

Autor: -----

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), particularmente al INIA Treinta y Tres por permitirnos realizar nuestro trabajo de tesis en sus instalaciones.

Agradecemos a los Ing. Agr. Ignacio Macedo y José Terra por orientarnos en este trabajo.

A los miembros del tribunal por aceptar ser parte de la evaluación.

Al personal de laboratorio de INIA Treinta y Tres por el apoyo brindado en la búsqueda de información y la disposición para con nosotros.

A nuestros profesores de tesis Ernesto Elgue y Ximena Lagomarsino por el seguimiento y apoyo con nuestro trabajo.

Al departamento de tesis, Gustavo Capra y Fernanda Dupuy por el apoyo.

A la Facultad de Ciencias Agrarias.

Agradecer a nuestras familias y amigos, por el apoyo y por estar siempre.

TABLA DE CONTENIDOS

HOJA DE APROBACIÓN	I
AGRADECIMIENTOS	II
TABLA DE CONTENIDOS	III
TABLA DE CUADROS Y FIGURAS	V
1. RESUMEN	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUCCIÓN	5
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1. <u>CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE ARROZ</u>	6
4.2. <u>IMPORTANCIA MUNDIAL DEL CULTIVO DE ARROZ</u>	6
4.3. <u>PERSPECTIVAS MUNDIALES Y LOCALES</u>	7
4.4. <u>PRECIO DEL ARROZ</u>	7
4.5. <u>SECTOR ARROCERO URUGUAYO</u>	8
4.6. <u>ROTACIÓN DE CULTIVOS</u>	9
4.6.1. <u>Rotaciones en sistemas arroceros</u>	10
4.6.1.1. Antecedentes de análisis económico de rotaciones	11
5. JUSTIFICACIÓN	12
6. HIPÓTESIS	13
7. OBJETIVOS	13
7.1. <u>OBJETIVO GENERAL</u>	13
7.2. <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	13
8. MATERIALES Y MÉTODOS	14
8.1. <u>UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICA DEL EXPERIMENTO</u>	14
8.2. <u>PROCEDIMIENTO</u>	16
8.2.1. <u>Base de datos</u>	16
8.2.2. <u>Análisis económico</u>	17
8.2.3. <u>Análisis de sensibilidad</u>	17

8.2.4.	<u>ANÁLISIS FÍSICO DE LAS ROTACIONES</u>	18
8.2.4.1.	Brecha de márgenes brutos económicos	19
9.	<u>RESULTADOS</u>	19
9.1.	<u>ANÁLISIS FÍSICO DE LOS COMPONENTES DE CADA ROTACIÓN</u>	19
9.2.	<u>INGRESOS, COSTOS DIRECTOS Y MÁRGENES BRUTOS SEGÚN ROTACIÓN</u>	21
9.3.	<u>ANÁLISIS DEL MARGEN BRUTO POR FASE POR ROTACIÓN</u>	23
9.4.	<u>SIMULACIÓN DE MÁRGENES EXPERIMENTALES DE LAS ROTACIONES</u>	26
9.5.	<u>SENSIBILIDAD DEL MARGEN BRUTO AZ-CONTINUO (A), AZ-SOJA (B) Y AZ-PPLARGA (C)</u>	27
9.6.	<u>BRECHA DE MÁRGENES BRUTOS EN DISTINTAS ROTACIONES</u>	29
10.	<u>CONCLUSIONES</u>	30
11.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	32

TABLA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Sistemas de rotación contrastados y largo de la rotación (años) en el experimento de rotaciones arroceras de largo plazo.....	15
Cuadro 2. Rendimiento y desvío estándar comerciales de arroz, soja, sorgo y carne.....	19
Cuadro 3. Productividad media de arroz, soja, sorgo y estimación de producción de carne durante tres zafras para cada componente del experimento de rotaciones arroceras de largo plazo de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna.	21
Cuadro 4. Indicadores económicos de seis rotaciones arroceras representadas en Experimento de Largo Plazo de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna. Media (US\$/ha/año) y coeficiente de variación (%) de costos directos, ingresos y margen bruto por rotación durante tres zafras. .	22
Cuadro 5. Indicadores económicos para cada fase que componen las seis rotaciones arroceras representadas en Experimento de Largo Plazo de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna. Costo Total, Ingreso Bruto y Margen Bruto (US\$/ha/año) y coeficiente de variación (US\$/ha/año) por rotación durante tres zafras.	24
Figura 1. Precio definitivo histórico (US\$/bolsa).	8
Figura 2. Comparación de márgenes brutos simulados para Az-Continuo, Az-Cultivos, Az-PPCorta, Az-PPLarga, AzPPLarga, Az-SojaPPCorta y Az-Soja expresados en US\$/ha y su probabilidad de ocurrencia.....	26
Figura 3. Sensibilidad del margen bruto de Az-Continuo (A), Az-Soja (B) y Az-PPLarga (C), a rendimiento (kg/ha), precio (US\$/ha), precio de fertilización nitrogenada (US\$/ha) y renta (US\$/ha) del cultivo de arroz.....	28

Figura 4. Comparación entre Márgenes Brutos Experimentales y Márgenes Brutos Promedios Comerciales y Brecha para los sistemas evaluados, expresado en US\$/ha 30

ANÁLISIS ECONÓMICO DE ROTACIONES ARROCERAS CONTRASTANTES

1. RESUMEN

En los últimos años ha existido una intensificación de los sistemas de producción de arroz, ya sea por aumento de la frecuencia del cultivo de arroz o la inclusión de otros cultivos. Por otro lado, el resultado económico medio de la actividad arrocera en los últimos años ha sido negativo. El diseño de sistemas de producción basados en arroz podría ser de utilidad para mejorar el resultado económico del cultivo de arroz, así como el del sistema en su conjunto. El principal objetivo de este trabajo fue evaluar los ingresos, costos y margen bruto de diferentes rotaciones que incluyen al cultivo de arroz, así como las fases que componen estas rotaciones. Para esto, se generó una base de datos con información correspondiente al manejo de las rotaciones, las actividades realizadas, los insumos utilizados e información de productividad de cultivos y carne proveniente de un experimento de largo plazo ubicado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna iniciado en 2012. Se analizó información correspondiente a tres zafras (2015-16 a 2017-18). Los tratamientos contrastados son: 1) arroz continuo, 2) arroz-cultivos, 3) arroz-pradera corta, 4) arroz-pradera larga, 5) arroz-soja-pradera corta y 6) arroz-soja. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones donde todas sus fases estuvieron presentes al mismo tiempo. Se simularon diferentes escenarios de costos totales e ingresos brutos, lo que permitió generar un análisis de sensibilidad y obtener diferentes márgenes brutos experimentales. Una vez obtenidos y analizados, se compararon con los márgenes brutos comerciales con el fin de cuantificar la brecha. El sistema de arroz continuo presentó un costo 60 % superior a la media del costo de todos los sistemas (1171 US\$/ha/año), mientras que el menor costo se registró en arroz-soja-pastura (990 US\$/ha/año). El mayor ingreso se registró en arroz continuo, siendo

1815 US\$/ha/año, mientras que en el resto de los sistemas los ingresos variaron entre 1155 US\$/ha/año y 1499 US\$/ha/año. El Margen bruto medio de todos los sistemas fue 147 US\$/ha/año, registrándose el mínimo en arroz continuo (-22 US\$/ha/año) y el máximo en arroz-pradera larga (260 US\$/ha/año). Los mayores márgenes del cultivo de arroz se registraron en el sistema Arroz-Cultivos (Arroz 2) y en el sistema Arroz-Soja-Pradera Corta (Arroz 2) siendo 418 y 388 US\$/ha/año respectivamente. El margen bruto del sistema de arroz- pradera larga fue el que mostró menos sensibilidad al precio y rendimiento del cultivo de arroz, logrando márgenes brutos positivos del sistema, aún frente a variaciones negativas del 20 % de estos factores. Los resultados sugieren que los sistemas integrados de rotaciones basadas en el cultivo de arroz podrían mejorar el resultado económico en comparación al sistema de arroz continuo y que la alternancia del cultivo de arroz con otros cultivos permitiría mejorar el resultado económico de las fases del cultivo de arroz.

Palabras claves: *Oryza sativa*, intensificación, sostenibilidad.

ECONOMIC ANALYSIS OF CONTRASTING RICE ROTATIONS

2. SUMMARY

In recent years there has been an intensification of rice production systems, either by an increase in the frequency of rice cultivation or by the inclusion of other crops. It is to mention also, that on average, there has been a negative economical outcome in the rice production activity. The design of rice-based production systems could be useful to improve the economic results of rice cropping, as well as of the system as a whole. The main objective of this study was to evaluate the income, costs and gross margin of different rotations that include rice cropping, as well as the phases that make up these rotations. A database was created including information on rotation management, undertaken activities and inputs used, and crop and meat productivity data from a long-term experiment located at the Paso de la Laguna Experimental Unit starting in 2012. The information from three harvest seasons was analysed (2015-16 to 2017-18). The contrasting treatments were 1) continuous rice, 2) rice - other crops, 3) rice - short-term permanent pasture, 4) rice - long-term permanent pasture, 5) rice - soybean - short-term permanent pasture y 6) rice - soybean. The statistical design was a complete block design with three replications with all phases simultaneously present. Different total costs and gross income scenarios were simulated allowing the generation of a sensitivity analysis and obtaining different experimental gross margins, which were compared with commercial gross margins in order to quantify the gap. In the continuous rice system, costs were 60 % higher than the average cost of all systems (1171 US\$/ha/yr), whereas the lower cost (990 US\$/ha/yr) corresponded to rice-soybean-pasture. The highest income was recorded under continuous rice with 1815 US\$/ha/yr, whereas the other systems recorded incomes between 1155 and 1499 US\$/ha/yr. The average gross margin of all systems was 147 US\$/ha/yr, with a minimum of -22 US\$/ha/yr in continuous rice and a

maximum of 260 US/ha/yr in rice – long-term permanent pasture, The higher rice cultivation margins were recorded in the rice – other crops and rice – soybean – short-term permanent pasture with 418 and 388 US\$/ha/yr respectively. The gross margin under rice – long-term permanent pasture showed less price sensitivity and lower rice crop yield, achieving positive gross margins even against negative variations of 20 % of these factors. The results suggest that an integrated rotation system based on rice cultivation could improve the economical results in comparison to rice monoculture, and that the rotation of rice with other crops could improve the economical result of the rice growing periods.

Keywords: *Oryza sativa*, intensification, sustainability.

3. INTRODUCCIÓN

El sector arrocero demanda nuevos caminos de intensificación productiva sostenible con menos utilización del laboreo, tiempos de barbecho improductivos más cortos y aumento de la frecuencia de arroz en la rotación (Macedo et al, 2015).

En términos promedio, la actividad arrocera ha mostrado resultados económicos negativos en las últimas 4-5 zafras debido a altos costos necesarios para producir, reflejándose en la caída sostenida del área en los últimos años (DIEA, 2018). Debido a la disminución de los márgenes económicos del cultivo de arroz durante los últimos años, se plantea la necesidad de la búsqueda de otras actividades que ayuden al incremento de la productividad, disminuya los costos de producción y mejore los resultados económicos (Terra et al, 2014).

Esta inquietud del sector arrocero está orientada a mejorar la productividad global del sistema, diversificar ingresos, reducir costos, mitigar riesgos, conservando los recursos naturales (Terra et al, 2014).

El cultivo de arroz en Uruguay históricamente ha alternado el uso del suelo con pasturas, lo que le confiere ciertas ventajas productivas y ambientales en comparación a otros sistemas de producción en el mundo (Macedo, 2018; Pittelkow et al, 2016). Estos sistemas de rotación fueron la base del crecimiento sostenido de la productividad y la conservación de los recursos naturales durante décadas, con un bajo uso relativo de insumos en el cultivo (Pittelkow et al, 2016).

La pregunta de investigación que trata de responder esta plataforma de largo plazo es, ¿qué pasa en términos productivos; económicos y ambientales cuando intensificamos un sistema arroz-pasturas estable? (Terra et al, 2014).

4. MARCO TEÓRICO

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE ARROZ

El cultivo del arroz (*Oryza sativa*), es una monocotiledónea perteneciente a la familia de las poaceas. El género *Oryza* tiene más de 24 especies que crecen en regiones inundadas, semi-sombreadas y bosques. Es un cultivo que se comenzó a producir hace más de 10000 años en Asia, expandiéndose luego a gran parte del mundo, incluida América Latina.

4.2. IMPORTANCIA MUNDIAL DEL CULTIVO DE ARROZ

El arroz es cultivado en 113 países en todos los continentes. Es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, y el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales (FAO, 2004).

Los sistemas basados en el arroz apoyan enormes reservas de agro biodiversidad, que sirven para salvaguardar el medio ambiente, aumentar los medios de subsistencia y enriquecer la alimentación de la población (FAO, 2004).

Para el año 2018 según estimaciones del United States Department of Agriculture (USDA), la producción mundial de arroz fue de aproximadamente 500 millones de toneladas de arroz elaborado, siguiendo una tendencia levemente a la baja, de las cuales el 9,2 % son comercializadas a nivel mundial. Para alcanzar la cantidad de toneladas elaboradas del grano, se sembraron 162.92 millones de ha con un rendimiento promedio de 4.530 kg/ha. El 50 % del arroz se realiza bajo

irrigación y provee 75 % de la producción mundial (Maclean et al, 2002). A la zafra 2017-2018, las existencias mundiales del arroz se situaron en 177 millones de toneladas (USDA, 2020).

4.3. PERSPECTIVAS MUNDIALES Y LOCALES

Se proyecta que la producción mundial de arroz para el año 2020 sea de aproximadamente 496,6 millones de toneladas de arroz elaborado, levemente menor a la producción del año anterior (USDA, 2020).

En Uruguay la zafra 2018/2019 mantuvo la tendencia decreciente respecto al área sembrada, alcanzando las 145 mil hectáreas de cultivo en el país, un 11 % menor al área sembrada en la zafra anterior. El rendimiento promedio fue 0,5 % superior que el promedio de las últimas 5 zafras, de igual forma no pudieron cubrir la disminución del área en términos de producción total, viéndose ésta reducida en un 5 % (DIEA, 2019).

Esta tendencia en el área sembrada, se prevé que continúe, debido a los altos costos productivos y alto endeudamiento del sector (Sanguinetti, 2017).

4.4. PRECIO DEL ARROZ

El precio de la bolsa de arroz que los productores venden a los molinos es único y se fija en una mesa de negociación entre los mismos. Históricamente se puede ver oscilaciones en el precio de entre 4.82 US\$/bolsa (1999-2000), hasta 16 US\$/bolsa (2007-2008). La Figura 1 presenta el precio definitivo para el período comprendido entre 1992 y 2017.



Figura 1. Precio definitivo histórico (US\$/bolsa).

Fuente: Elaborado con información de ACA, 2018.

4.5. SECTOR ARROCERO URUGUAYO

Los productores uruguayos, tienen uno de los mayores rendimientos ubicándose en el entorno de los 8000 kg/ha frente a 4000 kg/ha promedio mundial y en lo que refiere a calidad, el arroz uruguayo es ampliamente superior al cultivado en el resto del mundo. En cuanto a las exportaciones, ocupa el 8º lugar como exportador mundial de arroz generando divisas por aproximadamente 500 millones de dólares, siendo de los rubros más estables dentro de los exportables.

En los últimos años, el sector ha mostrado una firme tendencia a disminuir el área sembrada, ubicándose en el entorno de las 145.000 hectáreas, que abarcan a 495 productores en tres regiones del país (DIEA, 2018): región norte, que ocupa aproximadamente el 12 % del área, región centro, ocupando el 8 % del área y la región este, que abarca el 80 % del área arrocera del Uruguay (DIEA, 2018).

El sector arrocero ha sido de los más exitosos e integrados del país. El rendimiento ha aumentado a una tasa de 176 kg/ha/año del 2000 al 2010, siendo una de las tasas de crecimiento más altas del mundo (Carracelas et al, 2019). Esta tendencia ha sufrido una marcada desaceleración en los últimos años, reduciéndose en aproximadamente 60 kg/ha/año. Si bien el

crecimiento ha sido sostenido, la región este del país, ha incrementado más su rendimiento respecto a la región centro-norte que se ha mantenido estable (Molina et al, 2019).

4.6. ROTACIÓN DE CULTIVOS

Es bien conocido que el modelo de intensificación de la agricultura actual puede tener externalidades negativas. El paradigma de la intensificación sostenible propone incrementar la producción y los márgenes económicos, mejorar la eficiencia en el uso de insumos y al mismo tiempo conservar los recursos naturales (Tilman et al, 2011).

Las rotaciones de cultivos con plantas leguminosas o pasturas que reducen la labranza del suelo son un ejemplo claro donde se mejora la eficiencia energética de los sistemas de producción en comparación a sistemas de monocultivos (Rathke et al, 2007).

Existen lugares en el mundo como Argentina, Brasil y Uruguay donde la rotación de cultivos con pasturas perennes que son pastoreadas con animales es una práctica habitual (Díaz-Zorita et al, 2002; García-Prechac et al, 2004) con algunas ventajas al sistema. Por ejemplo, la fijación biológica del nitrógeno por las leguminosas, la interrupción de ciclos de plagas, malezas y enfermedades. Estas además podrían ayudar a que el carbono orgánico total sea menos vulnerable en el largo plazo (Macedo, 2018). No obstante, esta práctica es útil sólo en condiciones ambientales y económicas particulares.

4.6.1. Rotaciones en sistemas arroceros

El monocultivo es la práctica más utilizada a nivel mundial para el cultivo de arroz. Sin embargo, este también alterna en diversos escenarios con otros cultivos por diferentes finalidades económicas, ambientales y productivas. En Asia el 16 % del área cultivada alterna con trigo (Singh et al, 2017).

En la cuenca del Río Mississippi (EEUU) donde se encuentra el 91 % de la producción arrocerera de dicho país predomina la rotación del cultivo con soja (USDA). En el estado de Arkansas, que genera el 57 % de la producción nacional arrocerera, el cultivo de arroz se hace en rotación con soja (68 %), bajo monocultivo (28 %) y un 4 % alterna con otros cultivos como maíz, sorgo y algodón (Wilson et al, 2009).

Brasil es el máximo productor de arroz del Mercosur; a partir del año 2010 en el estado de Río Grande do Sul el cultivo de soja comenzó a tomar más protagonismo en la rotación. En las últimas zafras, se sembraron aproximadamente 300.000 ha en rotación con soja, representando un 27 % del área del arroz producido en la región (SOSBAI, 2018).

En Uruguay la práctica del cultivo sobre rastrojo de arroz se encuentra en el entorno del 50 % del área cultivada, el restante 50 % se divide en mitades muy similares entre arroz sembrado sobre rotaciones con pasturas sembradas o pasturas regeneradas (Molina et al, 2019).

Previo a la década del 70 en nuestro país las rotaciones eran laxas, donde ocurrían dos cultivos de arroz cada 8-10 años (uno cada 5-6 años) donde se dejaba regenerar el campo natural sin siembra (20 % - 25 % del tiempo se encontraba el arroz en las rotaciones).

Durante los años 70 en la Estación Experimental del Este se probaron y recomendaron rotaciones con 2 años de arroz y 4 años de pasturas (33 % del tiempo con arroz en las rotaciones). Esto tuvo gran

impacto debido a que la productividad del arroz sobre pasturas mejoradas era un 14 % mayor que sobre retornos sin pradera y además con la siembra de pasturas se podían invernarse animales donde antes solo se podía criar, aumentando así la producción de carne de calidad del sistema. Este aumento porcentual del arroz en la rotación fue permitido debido a la siembra aérea de pasturas de bajo costo inmediatamente luego de la cosecha de arroz (Méndez, 1993).

En 1999 se implementó la Unidad de Producción Arroz-Ganadería en la Unidad Experimental Paso de la Laguna donde se probó la rotación arroz-pasturas a escala semi comercial donde el cultivo de arroz ocupaba del 40 % del tiempo en la rotación con pasturas cortas de 2 años de duración y dos cultivos de arroz en años intermedios con laboreo de verano y siembra directa en la primavera (Deambrosi et al, 2009).

Una característica singular del sistema arrocero uruguayo es su funcionamiento en rotación con pasturas y producción animal y más recientemente con otros cultivos. Este es un caso poco frecuente ya que las grandes regiones arroceras en el mundo son de monocultivo. Estas rotaciones son un componente clave de la alta productividad y de la baja huella ambiental del arroz en nuestro país y desde hace muchos años es motivo de investigaciones para entender y mejorar las mismas (Zorrilla, 2017).

4.6.1.1. Antecedentes de análisis económico de rotaciones

En el año 1992, en INIA La Estanzuela, se realizó un análisis físico y económico de siete rotaciones de cultivos y pasturas. Lo que se pudo observar fue que los sistemas de cultivos continuos presentaron la tendencia a registrar márgenes brutos negativos durante muchos años, los sistemas que alternaron los cultivos con pasturas cortas presentaron tendencia a

registrar márgenes brutos neutros. Por otra parte, los sistemas que incluyeron pasturas perennes, presentaron una tendencia al alza en el margen bruto, con escasos años con registros negativos. Esto mostró que la diversificación de rubros actúa de forma positiva en el mantenimiento de los resultados económicos y la introducción de las pasturas a los sistemas de rotación de cultivos confiere una alta estabilidad (Fernández, 1992). Otro antecedente, es la rotación arroz-pasturas de la UPAG la cual duró cinco años y constó de 2 fases arroceras y 3 años de pasturas. El mismo tuvo lugar entre los años 2000 y 2010. Para su primer año, presentó márgenes brutos negativos, los restantes nueve años, presentó márgenes brutos positivos. Se observó para este, un efecto compensatorio entre producción cárnica y arroceras. Por último, se concluyó que la diversificación de actividades productivas permitió reducir la exposición, tanto al riesgo de mercado (precios) como al riesgo de producción (Lanfranco, 2009).

5. JUSTIFICACIÓN

El costo promedio del cultivo de arroz en Uruguay es de 1860 US\$/ha (Sanguinetti, 2018) y el precio de arroz recibido por el productor en el año 2018 fue de 10,1 US\$/bolsa. Si consideramos la productividad promedio nacional para el mismo año (8280 kg/ha) esto genera un resultado económico de la actividad de -187 US\$/ha.

Debido a los bajos márgenes del sector arroceras en la actualidad surge la inquietud de conocer nuevas alternativas y su comportamiento en términos de resultados económicos. Estas alternativas refieren a la inclusión de otros cultivos y/o actividades que se complementen con la actividad arroceras para lograr diseñar sistemas de producción que sean sostenibles en términos productivos y económicos.

6. HIPÓTESIS

Producir arroz en sistemas integrados de rotación con cultivos y/o pasturas mejora el margen bruto del sistema y presenta menor riesgo de obtener resultados económicos negativos.

Las fases de arroz que alternan el uso del suelo con otras actividades presentan mayor margen que el sistema de monocultivo de arroz.

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar productividad física y económica a través del margen bruto, ingresos y costos directos totales de diferentes rotaciones que incluyen al cultivo de arroz.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar económicamente a través del margen bruto, ingresos y costos diferentes rotaciones que incluyen al cultivo de arroz.

Evaluar la frecuencia acumulada del margen bruto de distintas rotaciones en función de escenarios simulados (ingresos y costos).

Analizar la sensibilidad del margen bruto a distintos factores de las distintas rotaciones.

Evaluar el margen bruto de las distintas fases de las rotaciones.

Evaluar brecha entre los márgenes brutos experimentales y márgenes brutos comerciales nacionales para los distintos sistemas de producción.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICA DEL EXPERIMENTO

El experimento está ubicado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna perteneciente a INIA, en el departamento de Treinta y Tres, Uruguay, (33° 16' 23" S; 54° 10' 24" O). La temperatura media anual para el sitio es de 16,9 °C con una precipitación promedio anual de 1360 +- 315 mm, información tomada de una serie de datos, que va desde el año 1971 hasta el 2018 (INIA-Unidad Grass, 2019).

La información se obtuvo a partir de un experimento de largo plazo (ELP), iniciado en el año 2012 que contrasta distintas rotaciones arroceras. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde todas las fases de las rotaciones están presentes al mismo tiempo (Patterson, 1964). Las rotaciones varían en la frecuencia que está presente el cultivo de arroz, así como en la intensidad de uso del suelo. Se establecieron seis sistemas, los cuales incluyeron el cultivo de arroz en distintas proporciones.

Los mismos fueron: sistema I que se compuso de arroz (*Oriza sativa*) con *Trifolium alexandrinum* (TA) durante el invierno todos los años (Az-Continuo, 1 año).

Sistema II compuesto por tres cultivos (arroz, soja y sorgo) que se conformó de la siguiente manera: arroz1-soja-arroz2-sorgo (*Sorghum bicolor*), con TA después de soja, arroz2 y sorgo, y *Lolium Multiflorum* (LM) después de arroz1 (Az-Cultivos, 4 años).

Sistema III que rotó al cultivo de arroz con una pastura corta de baja productividad de un año y medio compuesta por LM y *Trifolium pratense* (Az-PPcorta, 2 años).

Sistema IV que incluyó una pastura de mayor duración y mayor productividad que se conformó de la siguiente manera: arroz1-arroz2 seguido de la pastura de tres años y medio compuesta por *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* y entre los dos cultivos de arroz se sembró LM (Az-PPlarga, 5 años).

Sistema V, se compuso de dos cultivos (arroz y soja), e incluyó una pastura de mediana productividad al final del ciclo conformada de la siguiente manera: arroz1-soja1-soja2- arroz2 seguido por la pastura de dos años y medio compuesta por *Festulolium sp* y *Lotus corniculatus*, con LM después de arroz1 y soja1 y TA después de soja2 (Az-Soja-PPcorta, 6 años).

Por último, el sistema VI, comprendido por dos cultivos, (arroz y soja) (*Glycine max*) con LM después del arroz y TA después de soja (AzSoja, 2 años). (Macedo et al, 2017). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sistemas de rotación contrastados y largo de la rotación (años) en el experimento de rotaciones arroceras de largo plazo.

ROTACIÓN	DURACIÓN DE LA ROTACIÓN (AÑO)											
	1		2		3		4		5		6	
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
AZ-CONTINUO	ARROZ	TA										
AZ-SOJA	ARROZ1	LM	SOJA	TA								
AZ-CULTIVO	ARROZ2	LM	SOJA	TA	ARROZ2	TA	SORGO	TA				
AZ-PPCORTA	ARROZ	TREBOL ROJO + RAIGRASS										
AZ-SOJA-PPCORTA	ARROZ1	LM	SOJA1	LM	SOJA2	TA	ARROZ2	FESTULOLIUM + LOTUS				
AZ-PPLARGA	ARROZ1	LM	ARROZ2	FESTUCA + LOTUS + TREBOL BLANCO								

Referencias= PV (primavera/verano); OI (otoño/invierno); TA (trébol alejandrino); LM (Lolium multiflorum).

8.2. PROCEDIMIENTO

8.2.1. Base de datos

Se confeccionó una base de datos física utilizando información disponible de la biblioteca digital del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ainfo, INIA), e información productiva brindada por personal de campo de la institución, de la zafra 2015-16 a la 2017-2018. La misma contiene para cada rotación y fase, las labores realizadas e insumos utilizados y rendimientos de cada cultivo.

Para el cálculo de renta (específica para cada actividad), agua, flete, secado y los supuestos utilizados, (mano de obra 18 % del costo del cultivo, gastos de administración 7 %, impuestos e intereses 3 %), se tomó como referencia información disponible en la página de Asociación de Cultivadores de Arroz (Sanguinetti, 2018).

El precio de cada insumo se consultó con representantes comerciales de los productos y sus proveedores. Los precios fueron utilizados a precios corrientes para cada zafra evaluada. El consumo de gasoil de las actividades realizadas se obtuvo de la Cámara Uruguay de Servicios Agropecuarios (CUSA, 2019).

La sumatoria de todos los insumos, sus actividades y los supuestos antes mencionados, generaron los costos directos por ha para cada rotación. El rendimiento de los cultivos y/o la producción de carne, multiplicada por el precio de venta de los mismos generaron los ingresos para cada actividad.

Se asume que la maquinaria es propia y no se tiene en cuenta la depreciación, solo se tiene en cuenta para todas las labores el uso del combustible y el aceite.

8.2.2. Análisis económico

Luego de calculados los costos directos totales (CDT) y el ingreso bruto (IB) para cada fase, se cuantificaron los márgenes brutos experimentales para cada componente de las rotaciones, mediante la resta CDT-IB. Después de obtenidos estos márgenes brutos se procedió a realizar la estructura de costos directos para cada sistema, lo que permitió generar así el margen bruto experimental para cada sistema expresado en US\$/ha.

8.2.3. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad busca medir cómo afecta la rentabilidad en un sistema de rotación cuando se modifican determinadas variables.

Existen 2 tipos de análisis de sensibilidad, uno en el cual se modifica una sola variable, llamado análisis de sensibilidad por variables (unidimensional), y otro, llamado análisis de sensibilidad por escenarios (multidimensional), donde modificamos dos o más variables a la vez cuyo fin nuevamente es, ver cómo se afecta el resultado económico de las rotaciones, en este caso a través de los márgenes brutos (Lira, 2011).

En este trabajo se realizó un análisis de sensibilidad sobre el margen bruto de la rotación.

Para esto, se creó una matriz con 97 diferentes escenarios productivos y económicos para las seis rotaciones asumiendo que estos son equiprobables entre sí. Se modificó solamente el costo de insumos y productos, se hicieron modificaciones sobre el precio de lista del mismo, variando entre -30 % y 30 % para los siguientes ítems: Gasoil, aceite,

fertilizantes, semillas, fitosanitarios, administración, impuestos e intereses, renta.

Para los granos y la carne, se modificó la producción entre -20 % y 20 % y para el precio, se tomó como referencia la variación de los últimos 10 años sin superar el rango encontrado.

Cuando se modificó un factor que solo afectaba a una rotación, (ej: precio soja) en los demás sistemas los márgenes brutos quedaban invariables generando repetición de los mismos. Los escenarios que generaron márgenes repetidos para cada rotación fueron eliminados.

Luego se realizó una distribución de probabilidad con todos los escenarios generados para cada rotación, con el fin de evaluar la dispersión del margen bruto y su probabilidad.

También se tomaron dos variables que afectaron los ingresos (productividad y precio) y otras dos que afectaron los costos directos (renta y precio de urea) y se evaluó la sensibilidad del margen bruto a estas variables en un rango -20 % +20 % para tres de las seis rotaciones estudiadas.

8.2.4. ANÁLISIS FÍSICO DE LAS ROTACIONES

Al igual que para el análisis económico, se generó una base de datos productiva que abarcó desde la zafra 2015-2016 hasta la zafra 2017-2018, en la que se relevó información de cada una de las parcelas organizándola por rotación y fase para cada uno de los tratamientos.

Una vez organizada la información y obtenidos los datos de rendimiento para cada fase, se promedió el rendimiento entre las zafras evaluadas y se realizaron comparaciones de rendimientos entre años.

8.2.4.1. Brecha de márgenes brutos económicos

Se hicieron comparaciones entre los márgenes brutos experimentales y los márgenes comerciales. Para generar los márgenes comerciales, se utilizó información de rendimiento de la zona este para el cultivo de arroz (DIEA, 2018), rendimiento nacional para el cultivo de soja y sorgo (DIEA, 2018) y producción de carne en sistemas arroz-pasturas (Simeone et al, 2008) (Cuadro 2). Con la información utilizada se calcularon “los márgenes brutos comerciales” para cada rotación.

Cuadro 2. Rendimiento y desvío estándar comerciales de arroz, soja, sorgo y carne.

Actividad	Rendimiento kg/ha	Desvío kg/ha	FUENTE:
ARROZ	8181	341	DIEA, 2018
SOJA	2034	712	DIEA, 2018
SORGO	3599	781	DIEA, 2018
CARNE	140	0	Simeone et al, 2008

9. RESULTADOS

9.1. ANÁLISIS FÍSICO DE LOS COMPONENTES DE CADA ROTACIÓN

El arroz continuo presentó el menor rendimiento (9360 kg/ha) y la mayor variabilidad, esto podría deberse a que la práctica de monocultivo degrada las propiedades físicas y químicas del suelo, la capacidad de suministro de nitrógeno y produce una mayor compactación del mismo,

además de promover una mayor susceptibilidad a plagas, malezas y enfermedades (Ketcheson et al, 1980).

Por otro lado, los cultivos de arroz que alternaron el uso del suelo con otros cultivos y/o pasturas presentaron mayor productividad respecto al arroz continuo. Los sistemas de arroz con pasturas tuvieron 8,5 % más rendimiento en comparación al sistema de arroz continuo, sin embargo, presentó similar variabilidad.

El rendimiento de arroz en la rotación con cultivos fue el que presentó la mayor productividad entre los evaluados en los seis sistemas, siendo 3,2 % superior que la media general (10116 kg/ha). Este aumento en la productividad del arroz de esta rotación (341 kg/ha respecto a la media) fue muy similar al aumento del rendimiento del arroz en rotación con soja (286 kg mayor a la media). Tal como reporta Macedo et al, 2017, la inclusión de cultivos alternativos como soja y sorgo comienza a evidenciar una mejora en la productividad del siguiente cultivo de arroz. Esto se podría explicar en parte, debido a la reducción del laboreo en el sistema y a la incorporación de otros cultivos de verano, que eventualmente disminuyen pérdidas de mineralización del suelo en comparación con sistemas más intensivos, es decir aquellos que tienen más arroz en la rotación (Macedo et al, 2017). Y, por otra parte, como reportan Saldain y Sosa (2017) debido a la menor cantidad de malezas de hoja ancha, gramíneas anuales y ciperáceas presentes previo a la instalación del cultivo. Similar comportamiento se observó en diversos estudios en maíz. Porter (1997a) estableció que el hecho de rotar el maíz con girasol o alfalfa significó un aumento del rendimiento del grano de un 17 % y 19 % respectivamente con relación a maíz continuo. Como menciona Sundquist, citado por Porter (1997b) reportó aumentos de rendimientos del 10 % a 15 % en maíz al rotar con otros cultivos en comparación al monocultivo.

Los rendimientos obtenidos en el experimento estuvieron por encima de los rendimientos reportados a nivel comercial (Cuadro 2). El cultivo de soja, el sorgo y la producción de carne mostraron un incremento del 12 %, 11 % y 33 % respectivamente en comparación a los resultados comerciales.

Cuadro 3. Productividad media de arroz, soja, sorgo y estimación de producción de carne durante tres zafras para cada componente del experimento de rotaciones arroceras de largo plazo de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna.

Rotación	ARROZ	SOJA	SORGO	CARNE
	kg/ha			
Az-Continuo	9360 ± 627			
Az-Cultivo	10457 ± 822	2154 ± 881	4037 ± 782	
Az-PPCorta	10313 ± 643			221
Az-PPLarga	9848 ± 850			291
Az-Sj-PPCorta	10317 ± 613	2361 ± 695		221
Az-Soja	10402 ± 255	2569 ± 749		

9.2. INGRESOS, COSTOS DIRECTOS Y MÁRGENES BRUTOS SEGÚN ROTACIÓN

Las sistemas de cultivos continuos (Az-Continuo, Az-Cultivo y Az-Soja), presentaron 40 % más de costos que aquellas que incluyeron pasturas en la rotación (U\$S 1.120/ha). El ingreso bruto promedio fue 1428 US\$/ha, observándose el máximo en AZ-Continuo y el mínimo en AZ-Soja-PPCorta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Indicadores económicos de seis rotaciones arroceras representadas en Experimento de Largo Plazo de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna. Media (US\$/ha/año) y coeficiente de variación (%) de costos directos, ingresos y margen bruto por rotación durante tres zafas.

Rotación	Costos Directos		Ingreso		Margen	
	Totales		Bruto		Bruto	
	Media	CV %	Media	CV %	Media	CV %
US\$/ha/año						
Az Continuo	1837	1	1815	9	-22	697
Az Cultivo	1194	3	1346	10	152	71
Az PPCorta	1348	1	1499	6	151	50
Az-PPLarga	1063	2	1323	5	260	30
Az Soja PPCorta	990	3	1155	8	165	39
Az Soja	1259	2	1432	11	173	79

El margen bruto promedio para todos los sistemas fue de 146 US\$/ha, registrándose el máximo y el mínimo en AZ-PPLarga y AZ continuo respectivamente). Las rotaciones que incorporaron otros cultivos a su sistema, como es el caso de AZ soja y AZ cultivos tuvieron un margen bruto 17 % y 4 % superior al promedio respectivamente. Los sistemas de rotación que incluyeron pasturas presentaron menor coeficiente de variación en el margen bruto que aquellos puramente agrícolas (40 % vs. 282 %, respectivamente).

Las rotaciones que utilizan pastura mostraron una estabilidad en el tiempo superior a las otras, esto podría deberse a que estos sistemas son más variados y por lo tanto diversifican sus ingresos.

En todos los escenarios analizados, las rotaciones con mayor frecuencia de pradera tienen mejor resultado que las de menor frecuencia. Esto podría explicarse directamente debido a la duración de las mismas, ya que anualmente la de menor costo fue la de mayor frecuencia, Az-PPLarga (196,6 US\$/ha/año), sucedida por Az-SojaPPCorta (249,2 US\$/ha/año) y, por último, la de mayor costo fue la de menor frecuencia, Az-PPCorta (319 US\$/ha/año).

9.3. ANÁLISIS DEL MARGEN BRUTO POR FASE POR ROTACIÓN

Con relación al cultivo de arroz, el mayor costo se observó en Az-Continuo, mientras que el menor en Az-PPLarga, siendo 7 % superior y 6 % inferior respectivamente que la media para este cultivo (1707 US\$/ha). También se observó que el cultivo de arroz tuvo el mayor costo relativo respecto a los otros componentes de las rotaciones (Cuadro 5).

Cuadro 5. Indicadores económicos para cada fase que componen las seis rotaciones arroceras representadas en Experimento de Largo Plazo de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna. Costo Total, Ingreso Bruto y Margen Bruto (US\$/ha/año) y coeficiente de variación (US\$/ha/año) por rotación durante tres zafras.

Rotación/Fase	Costos Directos Totales			Ingreso Bruto		Margen Bruto			
	US\$/ha/año								
Az Continuo									
Arroz1	1837	±	18	1815	±	155	-22	±	153
Az Cultivos									
Arroz1	1681	±	36	1886	±	138	199	±	166
Soja	698	±	43	711	±	291	3	±	240
Arroz2	1751	±	35	2169	±	109	418	±	93
Sorgo	632	±	48	618	±	154	-14	±	130
Az PPCorta									
Arroz1	1672	±	28	1997	±	132	325	±	107
Pastura	1023	±	6	1001	±	73	-22	±	67
Az PPLarga									
Arroz1	1698	±	23	2002	±	156	304	±	219
Arroz2	1621	±	83	1816	±	174	195	±	123
Pastura	666	±	6	933	±	132	267	±	43
Az Soja PPCorta									
Arroz1	1665	±	68	1931	±	173	266	±	121
Soja1	679	±	37	742	±	235	63	±	199
Soja2	715	±	42	779	±	229	64	±	188
Arroz2	1681	±	33	2069	±	76	388	±	106
Pastura	601	±	25	705	±	67	104	±	91
Az Soja									
Arroz1	1760	±	35	2015	±	85	255	±	62
Soja	759	±	32	848	±	247	89	±	216

Al igual que el costo, las fases de las rotaciones donde se observaron los mayores ingresos también fueron las arroceras, particularmente aquellas que no tuvieron como antecesores de verano al

cultivo de arroz, explicado por un mayor rendimiento del cultivo en esas situaciones.

El mayor margen bruto (418 US\$/ha) se observó en el segundo cultivo de arroz, atrás de soja, del sistema Az-Cultivos explicado por la mayor productividad lograda en ese cultivo respecto a las otras rotaciones. El menor margen bruto correspondió a Az-Continuo (-22US\$/ha), siendo el más bajo de todas las fases arroceras

Para el caso de las pasturas, el mayor margen bruto se observó en Az-PPLarga, 76 % por encima de la media (151 US\$/ha). Esto podría deberse a su duración, siendo esta la más extensa (3,5 años) y a que es la pastura de mayor productividad. La misma se compone de dos especies de leguminosas (*Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*) y una gramínea, a diferencia de los otros dos tratamientos, los cuales comprenden pasturas de menor duración, compuestas solamente de una leguminosa con una gramínea. Para el caso de Az-PPLarga, el trébol blanco favorece la producción de materia seca y el lotus colabora estivalmente en la mezcla (Rovira y Bonilla, 2009). El menor margen bruto fue presentado por Az-PPCorta (-22 US\$/ha), lo cual se podría explicar debido al menor tiempo de duración de la misma en comparación con los otros sistemas, por lo tanto, menor amortización.

En soja los mayores costos se registraron en el sistema Az-Soja, siendo los mismos 6 % mayores a la media (US\$ 713/ha). Sin embargo, también fue la que obtuvo la mayor productividad sojera (2569 kg/ha) y por ende los mayores ingresos (US\$ 848/ha). Debido a esto, presentó el mayor margen bruto siendo este un 61 % mayor a la media (55 US\$/ha). El menor margen bruto se observó en Az-Cultivos, 3 US\$/ha, muy por debajo de la media. De igual manera podría estar relacionado directamente con la productividad del cultivo, para este caso fue 9 % menor a la media de rendimientos

En términos de variabilidad del margen bruto, el menor desvío se presentó en la fase pastoril de Az-PPLarga (+-43 US\$/ha/año), debido a que la producción de forraje se estabiliza a partir del tercer año (Rovira et al, 2009).

El mayor margen bruto se identificó en la fase sojera de Az-Cultivos, probablemente asociado a la variabilidad de los rendimientos del cultivo en sí.

9.4. SIMULACIÓN DE MÁRGENES EXPERIMENTALES DE LAS ROTACIONES

Se lograron identificar tres situaciones contrastantes, por un lado, el sistema Az-PPLarga, mostró una probabilidad casi inexistente de obtener márgenes negativos a los niveles de productividad alcanzados en el experimento (Figura 2).

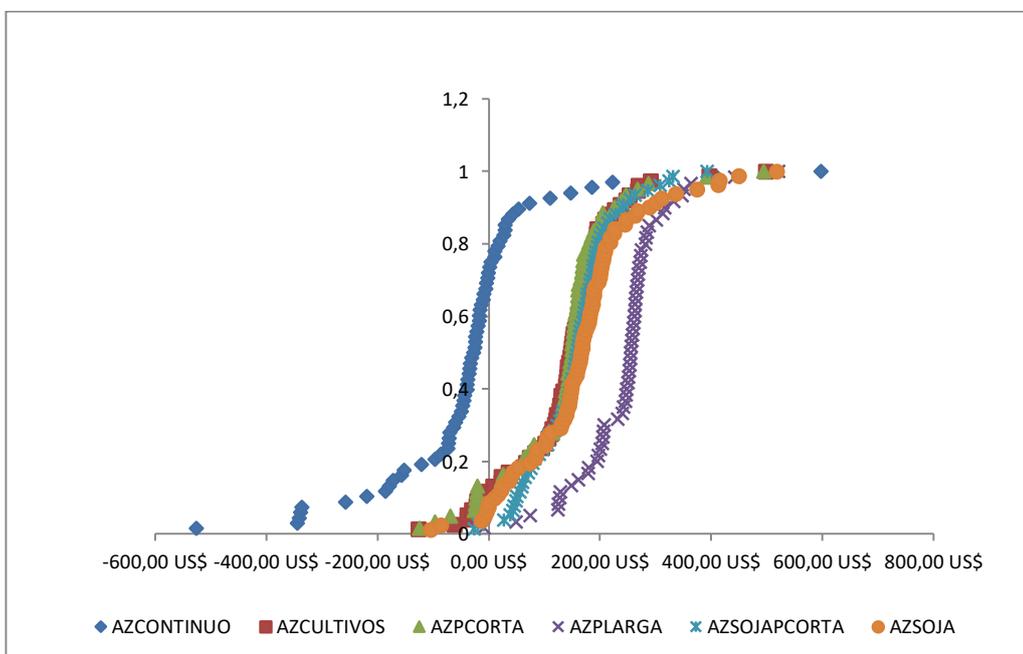


Figura 2. Comparación de márgenes brutos simulados para Az-Continuo, Az-Cultivos, Az-PPCorta, Az-PPLarga, AzPPPLarga, Az-SojaPPCorta y Az-Soja expresados en US\$/ha y su probabilidad de ocurrencia.

Por otro, los sistemas mixtos de arroz-pasturas y arroz-cultivo los cuales presentan márgenes intermedios incrementando la probabilidad de obtener márgenes negativos en un 18 % respecto a los de arroz en rotación con pasturas largas

Por último, el sistema de arroz continuo, presentó una probabilidad de 79 % de obtener márgenes negativos siendo esta la más alta de los sistemas

Estos resultados demuestran que al combinar más de un rubro en el sistema se diversifica el riesgo empresarial derivado de producir diversas estrategias de gestión además de aprovechar ventajas biológicas (Lanfranco, 2009).

9.5. SENSIBILIDAD DEL MARGEN BRUTO AZ-CONTINUO (A), AZ-SOJA (B) Y AZ-PPLARGA (C)

A través de los análisis de sensibilidad multivariables, se encontraron similitudes en los tres casos analizados. Como se muestra en la figura 3, hay dos variables que tienen gran impacto en el margen bruto de las rotaciones.

Por un lado, como es de esperarse cuando se mueven las variables de rendimientos y precio de los granos, las variaciones de los márgenes son las mayores, respecto a las otras variables modificadas (renta y fertilización nitrogenada) (Figura 3).

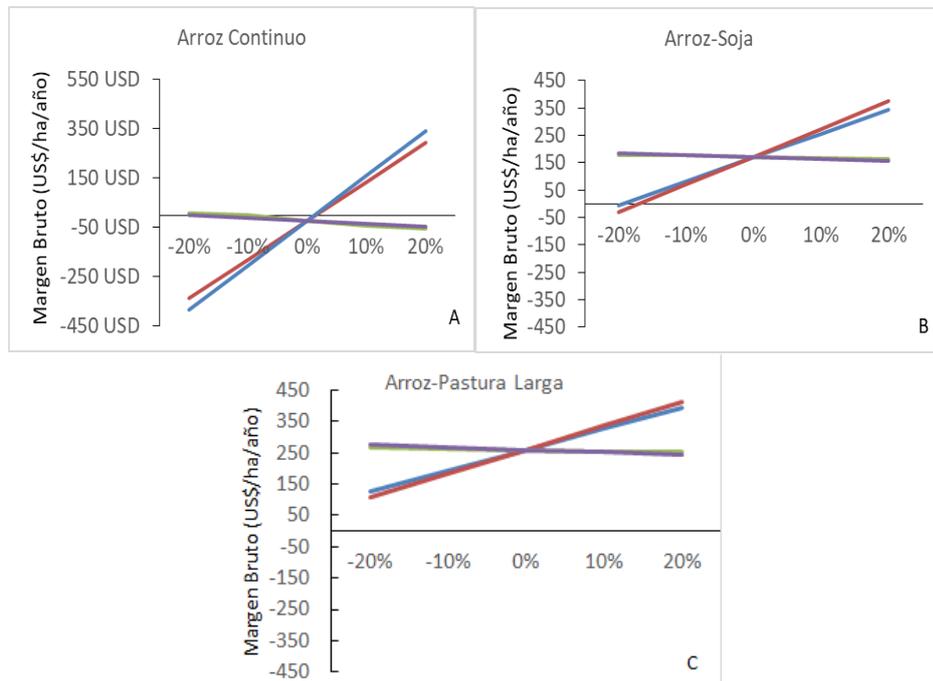


Figura 3. Sensibilidad del margen bruto de Az-Continuo (A), Az-Soja (B) y Az-PPLarga (C), a rendimiento (kg/ha), precio (US\$/ha), precio de fertilización nitrogenada (US\$/ha) y renta (US\$/ha) del cultivo de arroz

Como se ve en AZ-Continuo (A), al disminuir un 20 % el rendimiento, el margen bruto de la rotación se modifica de -22 US\$/ha a -336 US\$/ha y ante un aumento del 20 % pasa de -22 US\$/ha a 293 US\$/ha. En el mismo sentido se mueve el margen bruto cuando se trabaja con el precio del grano frente a un mismo escenario de variabilidad

Respecto a las demás variables modificadas, no tuvieron tanto impacto en el margen bruto. Esto debido a que representan un porcentaje bajo en la estructura de costos (en el orden del 7 % para cada caso), y el rendimiento y el precio afecta al 100 % del ingreso bruto de la rotación.

En el caso de AZ-SOJA (B), las modificaciones de las variables siguieron un mismo patrón de comportamiento respecto a AZ-Continuo (A), con la excepción que se observan márgenes brutos negativos, cuando la caída del precio y/o el rendimiento supera el -15 %.

Por último, en AZ-PPLarga (C) la reducción del rendimiento y el precio un 20 %, no se tradujo en márgenes brutos negativos ni cercanos a la

paridad de costos. Esto refuerza que se trata del sistema evaluado más estable frente a los diferentes escenarios.

9.6. BRECHA DE MÁRGENES BRUTOS EN DISTINTAS ROTACIONES

Se compararon los márgenes brutos experimentales con los márgenes brutos comerciales, la brecha de margen bruto promedio fue de 230 US\$/ha de los experimentales respecto a los comerciales. El sistema Az-PPlarga fue el que mostró la mayor brecha (269 US\$/ha), mientras que Az-Sj-PPCorta la menor (191US\$/ha).

La mayor brecha existente, expresa que es el sistema que tiene más espacio para mejorar económica y/o productivamente. La misma se observó en el sistema que combinó la producción arroceras con la cárnica. Si bien, brechas económicas no necesariamente son explicadas por brechas productivas, para el caso del arroz existe un 20 % de brecha en rendimientos experimentales respecto a los comerciales y para el caso de la carne la misma fue de un 107 % (151 kg/ha).

Puntualmente en los sistemas que involucraron pasturas, las brechas de producción de carne en los sistemas experimentales respecto a los comerciales, fueron de 58 % más para Az-PPCorta y Az-Sj-PPCorta, y de 107 % más para Az-PPLarga que lo reportado por Simeone (2008). Producciones de carne reportada por Mas (1997) muestran una brecha de 78 %, respecto a lo producido por los sistemas comerciales (140 kg/ha/año).

Para el caso del Arroz, la brecha productiva para el cultivo en el país es del 35 % (Carracelas, 2015) y puntualmente en este trabajo para Az-Continuo es del 12,5 %, respecto a los rendimientos promedios comerciales de la zona este. Esto explica que hay más probabilidades de mejorar la producción cárnica que la arroceras.

Los rendimientos arroceros experimentales fueron en promedio para los seis sistemas 20 % mayores respecto a los comerciales, influyendo directamente sobre los márgenes de los mismos.

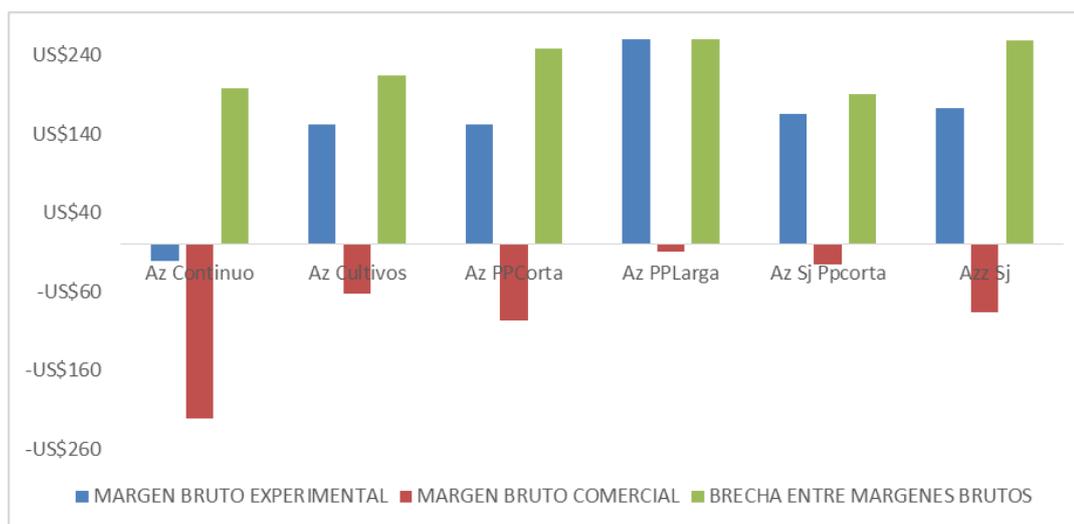


Figura 4. Comparación entre Márgenes Brutos Experimentales y Márgenes Brutos Promedios Comerciales y Brecha para los sistemas evaluados, expresado en US\$/ha

10. CONCLUSIONES

Los sistemas integrados de rotaciones basadas en el cultivo de arroz mejoraron el resultado económico en comparación al sistema de arroz continuo. El margen bruto de las rotaciones estuvo influenciado principalmente por el precio y la productividad del cultivo de arroz.

Existió un espacio de mejora del resultado económico en sistemas integrados de rotaciones basadas en el cultivo de arroz; esto ocurre si se rota con otros cultivos y/o pasturas, ya que los sistemas más intensivos como el de arroz continuo fue el que mostró el menor margen bruto.

Existió un mayor riesgo de obtener resultados económicos negativos en el sistema de arroz continuo en comparación a los sistemas que incluyeron cultivos y/o pasturas en rotación con arroz.

La alternancia del cultivo de arroz con otros cultivos permitió mejorar el resultado económico de las fases del cultivo de arroz.

Existió un espacio de mejora a explorar de los resultados económicos dentro de los distintos diseños de rotaciones de Arroz-Cultivos-Pasturas, explicado en su totalidad por brechas productivas que siempre existen entre la experimentación y la realidad. Es responsabilidad de productores, técnicos e investigadores trabajar en reducir estas brechas y lograr sistemas sostenibles económicamente.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. En: Arroz: Resultados Experimentales 2015-2016. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. p. 5-8. (Actividades de Difusión no. 765).
- CARRACELAS, G.; GUILPART, N.; GRASSINI, P.; ZORRILLA, G.; CASSMAN, K. 2019. Potencial y brecha de rendimiento de arroz irrigado en Uruguay y otros países arroceros. Montevideo, Uruguay. INIA. 53 p. (Serie Técnica no. 250).
- CUSA (Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios). 2019. Precios sugeridos de labores agrícolas. (en línea). Montevideo. Consultado: 14 may. 2019. Disponible en: <http://cusa.org.uy/cusa/precios>
- DEAMBROSI, E. 2009. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo, Uruguay. INIA. 9-12 p. (Serie Técnica no 180).
- DIAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A.; GROVE, J.H. 2002. A review of no till-systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. Soil and Tillage Research. 65(1): 1-18.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2004. 28ª Conferencia Regional de la FAO Para América Latina y el Caribe. (en línea). Guatemala. Consultado: 24 dic. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/J1225s/J1225s00.htm>

- FERNÁNDEZ, E. 1992. Análisis físico y económico de siete rotaciones de cultivos y pasturas en el suroeste de Uruguay. *Revista INIA*. 2(1): 251-271. Consultado: 13 abr. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8852/1/15630101207090533.pdf>
- GARCÍA-PRECHAC, F.; ERNST, O.; SIRI-PRIETO, G.; TERRA, J. A. 2004. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. *Soil and Tillage Research*. Ohio, Estados Unidos; 16 mar.: 1-13.
- INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agroclima y Sistemas de Información). 2019. (en línea). Uruguay. Consultado: 14 may. 2019. Disponible en: <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- KETCHESON, J.W. 1980. Long-range effects of intensive cultivation and monoculture on the quality of southern ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science*. Ontario, Canadá; 14 may.: 403–410.
- LANFRANCO, B. 2009. Análisis económico de la “UPAG Comercial”. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. 51-78 p. (Serie Técnica no. 180).
- LIRA, P. 2011. El análisis de sensibilidad parte 2. (en línea). Lima. Consultado: 18 mar. 2020. Disponible en: <https://gestion.pe/blog/deregresoalobasico/2011/03/el-analisis-de-sensibilidad-pa-1.html/>
- MACEDO, I. 2018. Calidad de suelos y eficiencia de uso de energía en rotaciones arroceras contrastantes. Tesis magister en Ciencias Agrarias. Montevideo. Uruguay. UDELAR. Facultad de Agronomía. 63 p.

- MACEDO, I.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.E.; MARTÍNEZ, S.; AYALA, W.; SERRON, N.; BORDAGORRY, A.; HERNANDEZ, J.; TERRA, J. 2016. Rotaciones arroceras: resultados productivos en las primeras cuatro zafras. En: Arroz: Resultados Experimentales 2015-16. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. p. 1-3. (Actividad de Difusión no. 765).
- MACEDO, I.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.E.; MARTÍNEZ, S.; BERMÚDEZ, R.; AYALA, W.; HERNANDEZ, J.; TERRA, J. 2015. Rotaciones arroceras: resultados productivos en las primeras tres zafras. En: Arroz – Soja: Resultados Experimentales 2014-15. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. p. 1-3. (Actividades de Difusión no. 748).
- MACEDO, I.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.E.; MARTÍNEZ, S.; BORDAGORRI, P.; HERNANDEZ, J.; TERRA, J.A. 2017. Cerrando un ciclo de las rotaciones arroceras: rendimiento del cultivo de arroz y cultivos alternativos. Montevideo, Uruguay. INIA. 63-65 p. (Serie Técnica no. 233).
- MACLEAN, J.L.; DAWE, D.C.; HARDY, B.; HETTEL, G.P. 2002. Rice Almanac. 3ª edición. Oxfordshire. IRRI. 253 p.
- MAS, C. 1997. Potencialidad de pasturas sobre rastrojos de arroz. Revista Plan Agropecuario. (82): 34-36.
- MÉNDEZ, R. 1993. Rotación arroz-pasturas, Análisis físico-económico del cultivo. Montevideo, Uruguay. INIA. 5-13 p. (Serie Técnica no. 38).
- MOLINA, F.; TERRA, J.; ROEL, A. 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas en el cultivo de arroz en Uruguay. Montevideo, Uruguay. INIA. 1-3 p. (Serie Técnica no. 250).

- PATTERSON, H.D. 1964. Theory of cyclic rotation experiments. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 26(1): 1-36.
- PITTELKOW, C.M.; ZORRILLA, G.; TERRA, J.; RICCETTO, S.; MACEDO, I.; BONILLA, C.; ROEL, A. 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. (en línea). Consultado: 14 ago. 2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211912416300116>
- PORTER, P.M.; CROOKSTON, R.K.; FORD, J.H.; HUGGINS, D.R.; LUESCHEN, W.E. 1997a. Interrupting Yield Depression in Monoculture Corn: Comparative Effectiveness of Grasses and Dicots. *Agronomy Journal*. 89(2): 247-250.
- PORTER, P.M.; LAUER, J.G.; LUESCHEN, W.E. 1997 b. Environment Affects the Corn and Soybean Rotation Effect. *Agronomy Journal*. 89(3): 442-448.
- RATHKE, G. W.; WIENHOLD, B. J.; WILHELM, W. W.; DIEPENBROCK, W. 2007. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. *Soil and Tillage Research*. 97(1): 60-70.
- REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. (32º, 2018, Farroupilha, RS, Brasil). 2018. *Recomendações Técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Cachoeirinha, RS: SOSBAI. Consultado: 17 ago. 2019. Disponible en: https://www.sosbai.com.br/uploads/documentos/recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-o-sul-do-brasil_906.pdf

- ROVIRA, P.; BONILLA, O. 2009. Desempeño productivo de los bovinos para carne en la Unidad de Producción Arroz-Ganadería de INIA Treinta y Tres. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. 13-28 p. (Serie Técnica no. 180).
- SALDAIN, N.E.; SOSA, B. 2017. Experimento de rotaciones de arroz con otros cultivos y pasturas: componente manejo integrados de malezas. Montevideo, Uruguay. INIA. 76-78 p. (Serie Técnica no. 233).
- SANGUINETTI, M. 2017. Informe empleo en el sector arrocero. Montevideo, Uruguay. Asociación de Cultivadores de Arroz. 4 p.
- SANGUINETTI, M. 2018. Costo de la producción de arroz en el Uruguay. Tendencia y zafra 2017-18. Revista Arroz. (92): 24-28.
- SIMEONE, A.; BUFFA, J.I.; ANDREGNETTE, B. 2008. Producción de carne eficiente en sistemas arroz-pasturas. Montevideo, Uruguay. INIA. 91 p. (Serie FPTA no. 22).
- SINGH, H.; KANG, J.S.; & KAUR, J. 2017. Tillage and residue management for sustaining rice-wheat cropping system in Indo-Gangetic Plains: A review. The Pharma Innovation. 6(8): 89-99.
- TERRA, J.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.; MARTINEZ, S.; BERMUDEZ, R.; HERNANDEZ, J.; MACEDO, I. 2014. Rotaciones Arroceras: Resumen de resultados productivos en las primeras zafras. En: Arroz-Soja: Resultados experimentales 2013-2014. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. p. 22-24. (Actividad de Difusión no. 735).
- TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. (en línea). Estados Unidos. Consultado: 14 feb. 2020. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/pnas/108/50/20260.full.pdf>

URUGUAY. MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias). 2018. Anuario Estadístico Agropecuario 2018. Montevideo: MGAP. 210 p.

URUGUAY. MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias). 2019. Anuario Estadístico Agropecuario 2019. Montevideo: MGAP. 255 p.

USDA (United State Department of Agriculture). 2020. Rice, overview for 2019-2020. (en línea). Estados Unidos. Consultado: 23 mar. 2020. Disponible en: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-rice.pdf>

WILSON, J.R.; RUNSICK, S.K.; R. MAZZANTI, R. 2009. Rice research studies 2009: Trends in Arkansas Rice Production. (en línea). Arkansas. Consultado: 12 feb. 2020. Disponible en: <https://agcomm.uark.edu/agnews/publications/581.pdf>

ZORRILLA, G. 2017. Investigación en sistemas arroceros: más arroz, más calidad, menos costos y reduciendo la huella ambiental. Revista INIA. (50): 29-33.