

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**IMPACTO DEL CULTIVO ANTECESOR SOBRE EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE SOJA DE PRIMERA. UN ANÁLISIS BASADO EN REGISTROS
DE PRODUCTORES CREA**

por

Agustín FERREIRA GINELLA

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2015**

Tesis aprobada por:

Director

Ing. Agr. Sebastián Mazzilli

Ing. Agr. Oswaldo Ernst

Ing. Agr. Licy Beux

Fecha 18 de noviembre de 2015

Autor

Agustín Ferreira Ginella

AGRADECIMIENTOS

A FUCREA, por brindarnos la información para poder realizar este trabajo.

A los tutores, Sebastián Mazzilli y Oswaldo Ernst, por el apoyo, dedicación y paciencia que tuvieron durante todo el tiempo que llevo este trabajo.

A mi familia, amigos y compañeros de trabajo que me acompañaron durante este largo camino y me dieron el empuje necesario para completarlo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 EFECTOS DEL MONOCULTIVO DE SOJA.....	2
2.2 IMPACTO DE LAS GRAMÍNEAS EN EL SISTEMA.....	3
2.3 IMPACTO DE LAS GRAMÍNEAS EN EL RENDIMIENTO DE SOJA.....	5
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	7
3.1 BASE DE DATOS.....	7
3.2 MUESTREO ALEATORIO.....	8
3.3 ANÁLISIS DE VARIANZA CON LOS RENDIMIENTOS PROMEDIO.....	8
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	8
3.5 ANÁLISIS CON AJUSTE POR FECHA DE SIEMBRA.....	9
3.6 ANÁLISIS CON AJUSTE POR ANTECESOR DE INVIERNO.....	9
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	11
4.1 RENDIMIENTOS PROMEDIO POR ZAFRA Y ZONA.....	11
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	11
4.3 IMPACTO DEL ANTECESOR DE VERANO SOBRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DE SOJA.....	12
4.4 RESULTADOS CON AJUSTE POR FECHA DE SIEMBRA.....	14
4.5 RESULTADOS CONSIDERANDO CULTIVOS COBERTURA INVERNAL COMO ANTECESOR.....	17
4.6 DISCUSIÓN FINAL.....	20
4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	21
5. <u>CONCLUSIONES</u>	23
6. <u>RESUMEN</u>	24
7. <u>SUMMARY</u>	25

8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	26
9. <u>ANEXOS</u>	28

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Cantidad de chacras según zona y antecesor de verano.....	7
2. Rendimientos promedio por zafra y zona.....	11
3. Rendimientos promedio por zona y antecesor para cada zafra.....	12
4. Rendimiento promedio según antecesor de verano.....	12
5. Rendimiento relativo según antecesor de verano.....	13
6. Cantidad de chacras por periodo decádico de siembra.....	15
7. Cantidad de chacras por zona y antecesor para análisis con ajuste por fecha de siembra.....	16
8. Rendimiento relativo según antecesor de verano con ajuste por fecha de siembra.....	16
9. Cantidad de chacras por antecesor verano y zona.....	17
10. Cantidad de chacras por antecesor verano y zona para zafras 2012 y 2013.....	18
11. Rendimiento relativo según antecesor de verano e invierno anterior...	19
12. Margen neto de la rotación 1 en litoral sur.....	21
13. Margen neto de la rotación 2 en litoral sur.....	22
14. Margen neto de la rotación 1 en litoral norte.....	22
15. Margen neto de la rotación 2 en litoral norte.....	22

Figura No.

1. Rendimientos relativos según antecesor para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha).....	14
2. Rendimientos relativo en función de la fecha de siembra para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha).....	15
3. Rendimientos relativos según antecesor para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha) con ajuste por fecha de siembra...	17
4. Rendimientos relativos según antecesor para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha) con ajuste por antecesor invierno..	19

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el área de cultivos, especialmente los de verano, y dentro de estos el cultivo de soja, han aumentado de forma exponencial en los últimos años. Esto determina que para cultivos de verano de primera una importante proporción del área se siembra sobre rastrojos de soja del año anterior y solo una menor proporción se hace sobre rastrojo de cultivos gramíneas de verano (maíz o sorgo).

Existen antecedentes que muestran ventajas asociadas a la inclusión de una gramínea de verano, como maíz o sorgo, sobre el rendimiento de soja del año siguiente. A pesar de esto, no existen reportes locales que indiquen la magnitud de dicho efecto.

En base a lo anterior se plantea la hipótesis de que la siembra de soja sobre rastrojo de maíz determina mayores rendimientos en relación a la siembra de soja sobre rastrojo del mismo cultivo.

El objetivo de este trabajo es estimar los aumentos de rendimiento en el cultivo de soja cuando es sembrado sobre rastrojo de maíz en relación a la siembra sobre rastrojo del mismo cultivo. Para esto se utilizarán registros de 5 zafra (2009/2010 a 2013/2014) de cultivos de productores CREA.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EFECTOS DEL MONOCULTIVO DE SOJA

Muchos suelos de nuestro planeta han manifestado procesos de degradación desde que sistemas pastoriles o forestales fueron paulatinamente sustituidos por la actividad agrícola. Esta situación tiene implicancias no solamente sobre el posible incremento de los procesos erosivos sino también sobre el balance de carbono orgánico, lo cual afecta la eficiencia del uso del agua, la estructura y la fertilidad de los suelos (Salinas García et al., 1997).

En los últimos años la soja ha ocupado una importante superficie en la región con escasa rotación de cultivos. En Uruguay, para la zafra agrícola 2012/2013 se sembraron un total de 1.224.000 hectáreas de cultivos de verano de secano, de las cuales el 86%, 10% y 4% corresponden a soja, maíz y sorgo respectivamente (MGAP. DIEA, 2013).

El desarrollo de sistemas sostenibles no es sencillo puesto que además de satisfacer los requerimientos para el ser humano, deben hacer un uso eficiente de los recursos y a su vez deben mantener un equilibrio con el medio ambiente para que sea favorable tanto para los seres humanos como para otras especies (Doran y Zeiss, citados por Ferreras et al., 2010). En la medida que el monocultivo de soja deteriore los ambientes productivos, se tiende a una agricultura no sustentable, no solo desde una perspectiva ambiental, sino también económica productiva, debido a la probable disminución de los rendimientos de la oleaginosa (Capurro et al., 2012).

El uso sustentable de los agroecosistemas involucra prácticas de manejo conservacionistas tales como labranza reducida o siembra directa, rotación con cultivos que aporten grandes volúmenes de rastrojo y la alternancia de ciclos agrícolas con ciclos de pasturas (García Préchac et al., 2004). Para mantener el rendimiento en grano a lo largo del tiempo es necesario que los sistemas productivos estén diseñados sobre tres pilares fundamentales: la siembra directa, la fertilización y la rotación de cultivos (Ferrari, 2010).

El monocultivo de soja presenta desventajas desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema. El bajo aporte de cobertura de este cultivo y la baja relación C:N de la misma impactan negativamente en los niveles de materia orgánica del suelo, aumentando su susceptibilidad a la degradación, reduciendo la estabilidad estructural e incrementando el riesgo de erosión hídrica, así afectando la productividad y sustentabilidad del sistema (Bacigaluppo et al. 2009, Barbagelata y Melchiori, citados por Caviglia et al. 2010).

2.2 IMPACTO DE LAS GRAMÍNEAS EN EL SISTEMA

La inclusión de gramíneas en el sistema ha sido planteada como una estrategia para minimizar los impactos del monocultivo de soja (Ferrari, 2010). Los beneficios para el suelo, reportados por Ferrari (2010), por la inclusión de gramíneas en las rotaciones agrícolas pueden ser sintetizados en los siguientes puntos:

- Aporte de abundante rastrojo, de alta relación C:N (lo que favorece su perdurabilidad) y, en el caso del trigo u otra gramínea invernal, también su distribución uniforme.
- Mejoramiento del balance de carbono del suelo y de las propiedades químicas (fertilidad), físicas (estructura) y biológicas asociadas a la materia orgánica.
- Aumento de la eficiencia de uso del agua del suelo, al favorecer la infiltración del agua de lluvia y disminuir los fenómenos de evaporación y escurrimiento.
- Disminución de los procesos de erosión.
- Incorporación de una importante cantidad de biomasa de raíces.
- Mejoramiento de la estructura del suelo a través del crecimiento de su denso sistema radicular.

Como puede deducirse, los efectos positivos mencionados están íntimamente asociados a las características de los rastrojos y de las raíces de los cultivos de gramíneas. Con relación a los rastrojos, merecen ser considerados tres aspectos; la cantidad de materia seca aportada, la calidad de la misma, y la distribución de los residuos sobre la superficie del suelo (Ferrari, 2010).

La calidad de los rastrojos puede ser caracterizada mediante la relación C:N, la cual permite predecir la rapidez con la cual los residuos serán descompuestos en el suelo. Valores de C:N elevados indican una lenta velocidad de descomposición y por lo tanto una más extensa perdurabilidad de los rastrojos, mientras que relaciones C:N bajas indican una rápida descomposición y, consecuentemente, una pérdida de cobertura sobre la superficie del suelo. El aporte de residuos del cultivo de maíz es significativamente mayor y con una relación C:N mayor que los residuos del cultivo de soja. Las relaciones C:N determinadas para residuos de cosecha son de 80-122:1 para trigo, 91:1 para maíz y 43:1 para soja (Cordone et al., 1993). Para condiciones locales (Departamento de Paysandú) se determinaron relaciones C:N de 77:1 y 17:1 para el rastrojo sobre la superficie de maíz y soja respectivamente, y 57:1 y 33:1 para los restos por debajo de la superficie de maíz y soja respectivamente (Mazzilli et al., 2014).

Los residuos de cosecha de los cultivos dejados sobre la superficie del suelo normalmente persisten por más tiempo que los incorporados (Creus et al., citados por Ernst et al., 2002), lo que genera una disponibilidad diferencial de nutrientes, en especial la de nitrógeno (Schomberg et al., Quemada y Cabrera, citados por Ernst et al., 2002). En un estudio de la descomposición del rastrojo en siembra sin laboreo se concluye que la tasa de pérdida de peso seco del rastrojo del maíz es 2.5 veces menor que la de rastrojo de soja; a su vez la cantidad de nitrógeno inmovilizado aumenta en el rastrojo de maíz y disminuye en el rastrojo de soja (Ernst et al., 2002).

Dentro de los cultivos agrícolas, los cereales presentan los sistemas radiculares de mayor tamaño (mayor cantidad o mayor tamaño de raíces por volumen de suelo). Se reportan pesos secos de raíz de hasta 170 gr m⁻² para trigo, 160 gr m⁻² para maíz, 100 gr m⁻² para sorgo y 58 gr m⁻² para soja. Las extensiones del sistema radicular siguen la misma tendencia, 32.0 km raíz m⁻² para trigo, 15.1 km m⁻² para maíz, 26.5 km m⁻² para sorgo y 5.5 km m⁻² para soja (Gregory, citado por Ferrari, 2010).

Otro atributo de las raíces de los cultivos relacionado con la capacidad de generar una mejor estructura del suelo es la densidad de las mismas (cm raíz cm³ suelo). En trigo se han medido valores máximos de 6-7 cm raíz cm⁻³ suelo (capa 0-10 cm), mientras que en soja la mayores densidad nunca

superaron los 0.9 cm raíz cm⁻³ suelo (capa 0-15 cm) (Gregory, citado por Ferrari, 2010). Para maíz se han informado densidades máximas de 4.0-4.5 cm raíz cm⁻³ suelo (capa 0-15 cm) (Mengel y Barber, citados por Ferrari, 2010).

2.3 IMPACTO DE LAS GRAMÍNEAS EN EL RENDIMIENTO DE SOJA

Los rendimientos de los cultivos agrícolas como maíz, sorgo y soja en sistemas agrícolas permanentes se incrementan cuando se rotan entre ellos comparados con el monocultivo (Lattanzi et al. 2005, Reddy et al. 2013).

Los rendimientos de soja de primera promedio de 5 años (1999/2000 - 2003/2004, para la localidad de Marcos Juárez, provincia de Córdoba, Argentina) en las rotaciones sorgo-soja y maíz-soja fueron superiores a los obtenidos en la situación de monocultivo (soja continua). El incremento de los rendimientos sobre antecesor sorgo osciló entre el 8% y el 18% y sobre antecesor maíz entre el 7% y el 8%, según se tratase de manejos sin fertilización o con fertilización (N, P y S), respectivamente. El mejor comportamiento de la soja de primera en rotación estuvo asociado a la mayor disponibilidad de agua en el suelo a la siembra de la soja que fue medida en los rastrojos de sorgo y maíz (Lattanzi et al., 2005).

En otros trabajos llevados a cabo en San Jerónimo, provincia de Santa Fe, Argentina, los rendimientos de la soja de primera después de una gramínea como antecesor inmediato superaron a los de la soja en monocultivo en 550 y 200 kg ha⁻¹, según el cultivo previo fuera sorgo o maíz, respectivamente. Asimismo, la producción de grano de la soja continuó manifestando el efecto positivo de la incorporación de una gramínea en la secuencia aun en los años sucesivos. Así, en el tercer año del ensayo, la soja siguió rindiendo 500 kg ha⁻¹ más sobre el sorgo y 250 kg ha⁻¹ más sobre el maíz. En el cuarto año, los rendimientos de soja un mostraban incrementos de 300 y 200 kg ha⁻¹ adicionales sobre sorgo y maíz, respectivamente. No se detalla si además del efecto antecesor hay otro factor que pueda incidir en estas diferencias (Felizia et al., citados por Ferrari, 2010).

Por último, en un trabajo llevado a cabo por Bacigaluppo et al. (2009) en la localidad de Oliveros, provincia de Santa Fe, Argentina, donde se estudio el efecto de la rotación de cultivos en suelos con una intensa historia agrícola,

se evaluó que el cultivo de soja en rotación con gramíneas presentó rendimientos promedio un 10% superiores al monocultivo de soja.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 BASE DE DATOS

Se utilizó la base de datos de productores CREA que contiene información sobre el manejo del cultivo de soja de primera. Dicha base incluyó la información de 5 zafras agrícolas (2009/2010 a la 2013/2014) con los datos de zafra, productor, ubicación, superficie, cultivo antecesor de verano y de invierno (inmediatos), variedad, fecha de siembra y rendimiento obtenido para cada chacra.

La base contiene información de todo el país, pero es más abundante en el litoral, por lo que sólo se trabajó con esa zona, la cual está formada por el Litoral Sur (Colonia, Soriano y San José) y el Litoral Norte (Paysandú y Río Negro). A su vez se eliminaron los registros que no tenían indicado el antecesor de verano y/o le faltaba información de rendimientos. Por otra parte, dado que el objetivo fue evaluar el impacto del maíz como cultivo antecesor a la soja, se eliminaron las chacras de otro antecesor que no fuera maíz o soja, quedando al final un total de 1024 chacras sembradas entre los años 2009 y 2013 (Cuadro 1).

Cuadro No. 1. Cantidad de chacras según zona y antecesor de verano.

		Zona	
		Litoral sur	Litoral norte
Antecesor	maíz 1ra.	143	158
	maíz 2da.	47	63
	soja 1ra.	111	88
	soja 2da.	258	156
Total		559	465

Con el objetivo de analizar los años en conjunto, se relativizaron los rendimientos al promedio de rendimientos de cada año para cada zona por separado.

3.2 ANÁLISIS DE VARIANZA CON LOS RENDIMIENTOS PROMEDIO

Primero se realizó un análisis de varianza utilizando los rendimientos promedios por zafra y antecesor de verano (Cuadro 3). Este análisis fue realizado buscando la existencia de diferencias de rendimiento previo a relativizar los rendimientos según el promedio de cada año y zona. Se utilizó a los rendimientos promedios como variable dependiente y a los antecesores como variables de clasificación. Para la separación de medias se realizó una prueba de comparación de medias LSD.

3.3 MUESTREO ALEATORIO

Se realizó un muestreo aleatorio con reposición de datos utilizando el software InfoStat 2011/p. El objetivo de este muestreo es generar una nueva base de datos con la misma cantidad de chacras con antecesor maíz y soja tratando de disminuir el efecto de seleccionar las mejores chacras con uno u otro antecesor. Este muestreo se realizó 100 veces para cada una de las zonas (Litoral Sur y Litoral Norte) por separado. En los dos casos se utilizaron diferente cantidad de muestras ya que no tienen la misma cantidad ni distribución de chacras por cultivo. Se utilizó como criterio al maíz de segunda para definir el tamaño de la muestra de cada cultivo en cada zona, ya que es el antecesor con menor cantidad de casos en ambas zonas, los mismos fueron de 50 y 60 para las zonas Litoral Sur y Litoral Norte respectivamente.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La hipótesis nula de este estudio es que no existen diferencias de rendimiento para el cultivo de soja de primera definidas por el cultivo antecesor de verano anterior. El análisis de varianza para aceptar o rechazar la hipótesis nula se realizó para los 100 muestreos realizados, evaluando el efecto antecesor, el efecto muestreo y la interacción de ambos. Para la separación de medias se realizó la prueba de comparación de medias LSD Fisher.

El modelo estadístico de este trabajo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + M_j + (AM)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

i = maíz 1, maíz 2, soja 1, soja 2 (antecesor)

j = 1, 2, 3..., 100 (muestreo)

Y_{ij} : rendimiento relativo de soja de primera
 μ : media general de la población
 A_i : Efecto del i-ésimo antecesor
 M_j : Efecto del j-ésimo muestreo
 $(AM)_{ij}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo antecesor y el j-ésimo muestreo. Es considerado como el error de muestreo
 ε_{ij} : Error experimental

3.5 ANÁLISIS CON AJUSTE POR FECHA DE SIEMBRA

La fecha de siembra es una variable asociada a la siembra de soja sobre distintos antecesores. Para no confundir el efecto se contabilizó el número de chacras sembradas con soja en cada periodo decádico (diez días consecutivos en cada mes) para cada zona y antecesor (Cuadro 6). A partir de esta información se decidió utilizar el rango de fechas entre el 20 de octubre y el 30 de noviembre en el cual se concentra el 84 y 82 % de chacras con antecesor soja y maíz respectivamente.

Con esta base de datos, se volvieron a realizar 100 muestreos utilizando nuevamente al maíz de segunda como criterio para definir el tamaño de la muestra, el cual fue de 45 y 55 para litoral sur y norte respectivamente (Cuadro 7).

3.6 ANÁLISIS CON AJUSTE POR ANTECESOR DE INVIERNO

Para analizar un posible efecto del cultivo cobertura invernal entre los dos cultivos de primera (soja o maíz) se contabilizaron la cantidad de chacras de maíz o soja de primera que tenían cultivo cobertura invernal y las que no (Cuadro 9).

Como la tecnología de cultivos de cobertura se masificó hace pocas zafas, no todas las zafas presentan chacras con cultivos cobertura invernal por lo que se restringió el análisis a aquellas zafas que presenten todos los casos, así utilizándose solamente las zafas 2012-2013 y 2013-2014 para este análisis.

A su vez se quito a la soja de primera del litoral norte (con o sin cobertura) del análisis ya que la cantidad de chacras era muy pequeña como para poderlas incluir. Finalmente se realizaron 100 muestreos y se utilizo al maíz de primera con cobertura como criterio para definir el tamaño de muestra, el cual fue de 15 y 25 para litoral sur y norte respectivamente (Cuadro 10).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RENDIMIENTOS PROMEDIO POR ZAFRA Y ZONA

El rendimiento medio de la zona Litoral Sur fue prácticamente igual al del Litoral Norte, 2766 y 2749 kg ha⁻¹ respectivamente para el periodo considerado. En el cuadro 2 se presentan los rendimientos promedios por zafra y zona que se utilizaron para relativizar los rendimientos por zafra y zona.

Cuadro No. 2. Rendimientos promedio por zafra y ubicación.

		Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
		Litoral sur	Litoral norte
Zafra	2009	3079	2896
	2010	2188	2323
	2011	2810	2793
	2012	2940	2977
	2013	2828	2805
General		2766	2749

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para el periodo analizado el rendimiento medio de la soja sembrada sobre antecesores maíz (maíz 1ra. y maíz 2da.) fue entre 100 y 600 kg ha⁻¹ mayores que sobre antecesores soja dependiendo del año analizado. Si esta diferencia es medida como porcentaje, la misma varió entre el 3 y 25% a favor del antecesor maíz. Las mayores diferencias ocurrieron al comparar el rendimiento obtenido sobre los antecesores de segunda y dentro de ellos el maíz de segunda determinó los mayores rendimientos para la soja de primera siguiente (Cuadro 3 y 4).

Cuadro No. 3. Rendimientos promedio por zona y antecesor para cada zafra.

		maíz 1ra.	maíz 2da.	soja 1ra.	soja 2da.
Litoral sur	2009	3434 a	3340 ab	2974 ab	2835 b
	2010	1941 b	2555 a	2221 ab	2217 ab
	2011	2836 ab	3653 a	2988 ab	2492 c
	2012	3253 a	3170 ab	2934 bc	2834 c
	2013	3155 a	3223 a	2909 a	2425 b
Litoral norte	2009	3317 a	3290 ab	2799 b	2624 b
	2010	2353 b	2927 a	2167 b	2291 b
	2011	2866 a	3065 a	2451 a	2647 a
	2012	3240 a	3058 ab	3111 ab	2730 b
	2013	2994 a	3068 a	2727 ab	2713 b

* Valores seguidos con la misma letra no son significativos ($P \leq 0.05$).

Cuadro No. 4. Rendimiento promedio según antecesor de verano.

Ant. verano	Rendimiento (Kg Ha ⁻¹)	Dif. significativa
maíz 2da.	3136	A
maíz 1ra.	2936	A B
soja 1ra.	2725	B C
soja 2da.	2578	C

* Valores seguidos con la misma letra no son significativos ($P \leq 0.05$).

4.3 IMPACTO DEL ANTECESOR DE VERANO SOBRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DE SOJA

En base al análisis estadístico se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que existen diferencias en el rendimiento de soja según el antecesor de verano ($P < 0.0001$ para litoral sur y norte), es decir que el rendimiento del cultivo de soja se ve influido por el cultivo de verano antecesor, tanto para la zona litoral sur como litoral norte (Cuadro 5), cuando se utiliza el muestreo como forma de borrar o disminuir posibles efectos de selección de chacras para maíz.

Cuadro No. 5. Rendimiento relativo según antecesor de verano.

Zona	Ant. verano	Medias rend. relativo	Dif. significativa*
Litoral sur	maíz 2da.	1.13	A
	maíz 1ra.	1.06	B
	soja 1ra.	1.02	C
	soja 2da.	0.94	D
Litoral norte	maíz 2da.	1.11	A
	maíz 1ra.	1.06	B
	soja 1ra.	0.96	C
	soja 2da.	0.95	D

* Valores seguidos con la misma letra no son significativos ($P \leq 0.05$).

La soja sembrada sobre un cultivo antecesor maíz, rindió entre 6 y 13% por encima de la media en ambas zonas, siendo máximas las diferencias para los maíces de segunda. En cambio los antecesores soja rinden por debajo de la media, a excepción de la soja de primera en el litoral sur.

Al comparar los antecesores por cultivos de primera o de segunda las mayores diferencias se dieron en los cultivos de segunda, donde el antecesor maíz generó mayores rendimientos, 13 y 11% comparado con la media y 19 y 16% comparado con el antecesor soja de segunda, para las zonas sur y norte respectivamente.

Para la zona sur el mejor desempeño del antecesor maíz de segunda se podría explicar por los mayores rendimientos mínimos y máximos de la soja, así generando una media superior. Para la zona norte el mejor desempeño como antecesor del maíz de segunda se podría explicar por la menor variabilidad de rendimientos de dichas chacras (Figura 1).

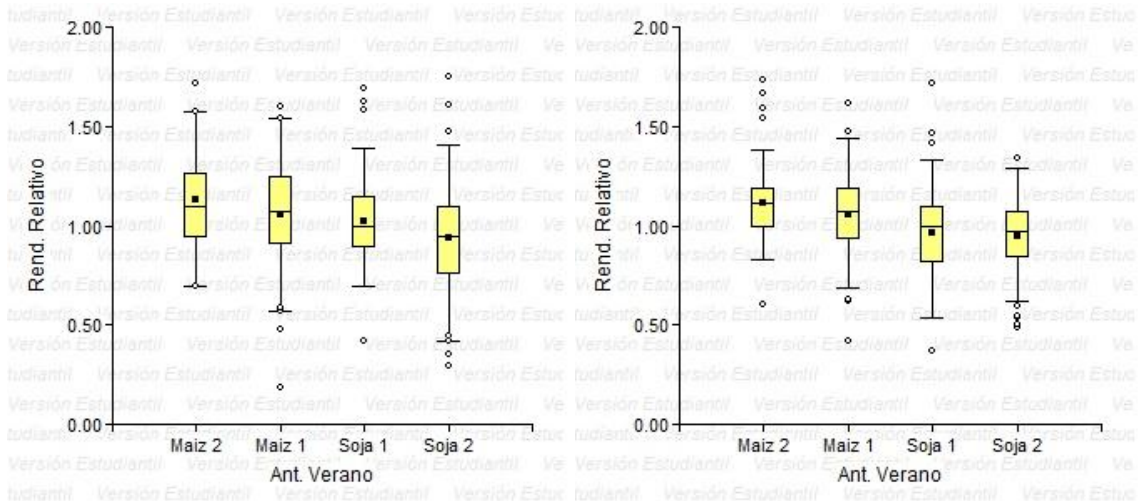


Figura No. 1. Rendimientos relativos según antecesor para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha).

4.4 RESULTADOS CON AJUSTE POR FECHA DE SIEMBRA

Un alto porcentaje de chacras en la base de datos (87% para litoral sur y 77% para litoral norte) fueron sembradas entre el 21 de octubre y el 30 de noviembre (Cuadro 6). Si lo contabilizamos por antecesor dichos porcentajes son de 80%, 96%, 97% y 86% para maíz 1ra., maíz 2da., soja 1ra. y soja 2da. respectivamente en el Litoral sur y 77%, 87%, 64% y 81% para maíz 1ra., maíz 2da., soja 1ra. y soja 2da. respectivamente en el Litoral norte. Por lo que, para evitar comparar situaciones en los que la fecha de siembra actúe como un factor de cambio de los rendimientos se cuantifico el efecto del antecesor en este rango de fechas de siembra.

Cuadro No. 6. Cantidad de chacras por periodo decádico de siembra.

Periodo Decádico	Litoral sur				Litoral norte			
	maíz 1ra.	maíz 2da.	soja 1ra.	soja 2da.	maíz 1ra.	maíz 2da.	soja 1ra.	soja 2da.
1 : 1-10 octubre	3	0	0	1	0	1	5	2
2 : 11-20 octubre	16	1	1	26	26	2	18	23
3 : 21-31 octubre	39	11	19	47	46	11	23	40
4 : 1-10 noviembre	27	18	35	104	49	33	13	59
5 : 11-20 noviembre	35	11	40	50	15	5	15	15
6 : 21-30 noviembre	13	5	14	22	12	6	5	12
7 : 1-10 diciembre	3	0	1	2	7	3	5	3
8 : 11-20 diciembre	3	1	0	2	1	2	2	1
9 : 21-31 diciembre	1	0	0	1	2	0	0	0
10 : 1-10 enero	1	0	1	1	0	0	2	0
11 : 11-20 enero	2	0	0	2	0	0	0	0
12 : 21-31 enero	0	0	0	0	0	0	0	0

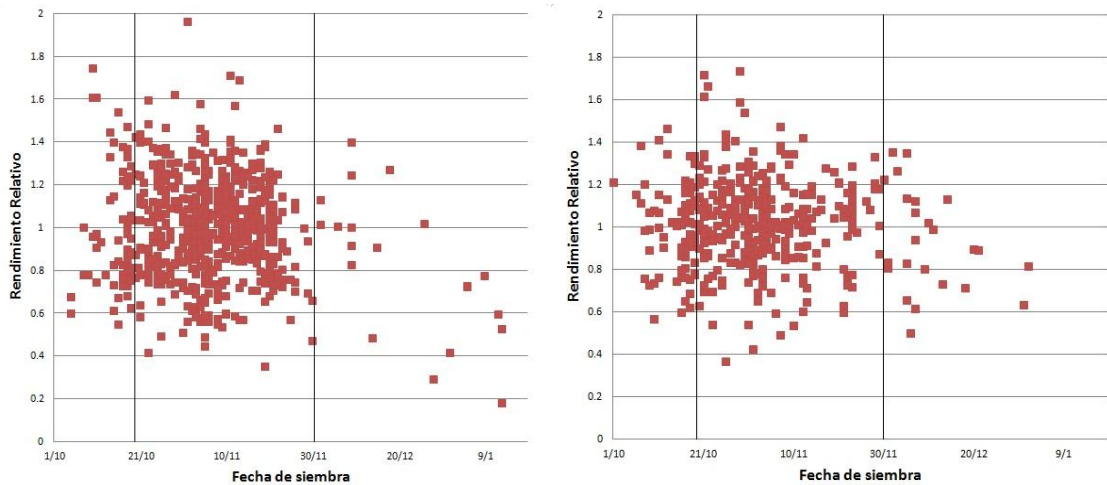


Figura No. 2. Rendimiento relativo en función de la fecha de siembra para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha). Las líneas marcadas delimitan las fechas de siembra utilizadas para el análisis.

Con esta nueva base de datos acotada por fechas, quedan en evaluación un total de 490 y 359 chacras en el litoral sur y norte respectivamente, siendo nuevamente el antecesor maíz de 2da. el antecesor de verano menos representado (Cuadro 7).

Cuadro No. 7. Cantidad de chacras por zona y antecesor para análisis con ajuste por fecha de siembra.

		Zona	
		Litoral sur	Litoral norte
Antecesor	maíz 1ra.	114	122
	maíz 2da.	45	55
	soja 1ra.	108	56
	soja 2da.	223	126
Total		490	359

También utilizando esta base de datos se rechaza la hipótesis nula sobre el efecto antecesor, corroborando la existencia de diferencias en el rendimiento de soja según el antecesor de verano ($P < 0.0001$), en ambas zonas. Los resultados son muy similares a los obtenidos utilizando la base de datos completa, salvo por diferencias en los valores absolutos de las medias de los rendimientos relativos en algunos antecesores.

El maíz como antecesor generó los mejores rendimientos, 14% y 11% por encima de la media para litoral sur y norte respectivamente. Nuevamente las mayores diferencias de rendimiento por antecesor se obtuvieron comparando los antecesores como cultivos de segunda, donde el antecesor maíz de segunda generó rindes de 21% y 15% más que el antecesor soja de segunda para litoral sur y norte respectivamente. Estos resultados son también muy similares a los anteriormente analizados, donde estas diferencias eran de 19% y 16% para litoral sur y litoral norte respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro No. 8. Rendimiento relativo según antecesor de verano con ajuste por fecha de siembra.

Zona	Ant. verano	Medias rend. relativo	Dif. significativa*
Litoral sur	maíz 2da.	1.14	A
	maíz 1ra.	1.06	B
	soja 1ra.	1.02	C
	soja 2da.	0.93	D
Litoral norte	maíz 2da.	1.11	A
	maíz 1ra.	1.07	B
	soja 1ra.	0.97	C
	soja 2da.	0.96	D

* Valores seguidos con la misma letra no son significativos ($P \leq 0.05$).

Al igual que en el análisis sin ajuste por fecha de siembra, el mayor rendimiento de la soja sobre antecesor maíz de segunda se puede explicar por rendimientos mínimos y máximos mayores para el litoral sur, y menor variabilidad de rendimiento en el litoral norte (Figura 3).

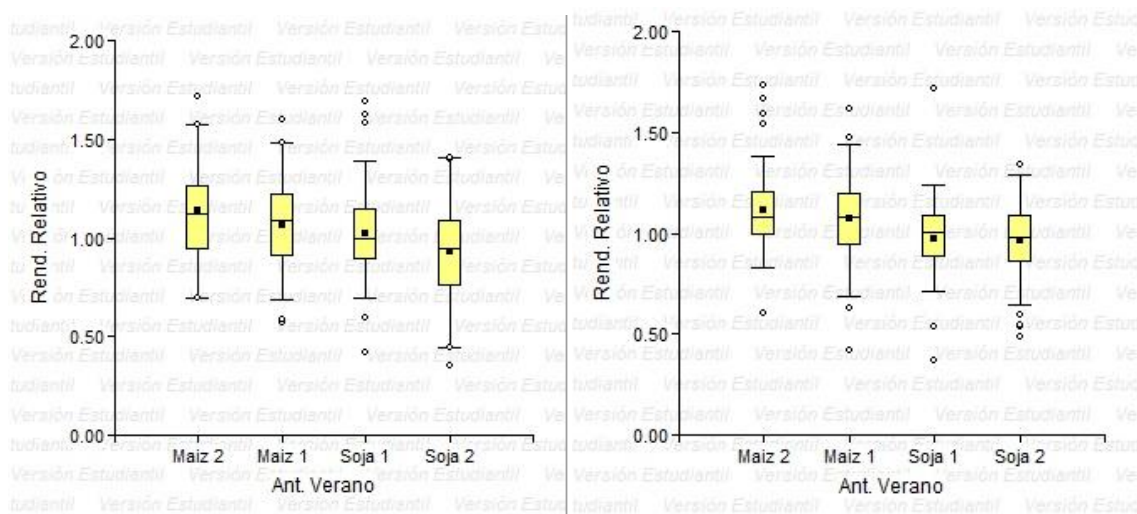


Figura No. 3. Rendimientos relativos según antecesor para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha) con ajuste por fecha de siembra.

4.5 RESULTADOS CONSIDERANDO CULTIVOS DE COBERTURA INVERNAL COMO ANTECESOR

Casi la totalidad (82 de 86) de las chacras de soja de primera sembradas sobre un cultivo de cobertura invernal fueron sembradas en las zafras 2012/2013 y 2013/2014 (Cuadro 9 y 10).

Cuadro No. 9. Cantidad de chacras por antecesor verano y zona.

	maíz 1ra. c/cob.	maíz 1ra. s/cob.	maíz 2da.	soja 1ra. c/cob.	soja 1ra. s/cob.	soja 2da.
Litoral sur	18	55	37	33	53	192
Litoral norte	26	86	54	9	43	109

Cuadro No. 10. Cantidad de chacras por antecesor verano y zona para zafras 2012/2013 y 2013/2014.

	maíz 1ra. c/cob.	maíz 1ra. s/cob.	maíz 2da.	soja 1ra. c/cob.	soja 1ra. s/cob.	soja 2da.
Litoral sur	15	19	30	33	26	124
Litoral norte	25	39	35	9	6	68

El análisis considerando la siembra o no de cultivos de cobertura invernal también se rechaza la hipótesis nula, comprobándose que existen diferencias en el rendimiento de soja según el cultivo antecesor de verano ($P < 0.0001$), tanto para la zona litoral sur como norte.

Nuevamente el antecesor maíz fue quien generó los mejores rendimientos, pero en este caso cuando fue sembrado de primera. El antecesor soja de segunda rindió promedialmente por debajo de la media y se diferenció del maíz de primera en un 24% y 18% para el litoral sur y norte respectivamente.

Si comparamos los antecesores de segunda el maíz presenta rendimientos mayores de 21% y 11% para el litoral sur y norte respectivamente. Y comparando los antecesores de primera en el litoral sur, el maíz presenta rendimientos un poco mayores al 10% que la soja.

Por último, para el litoral sur se puede apreciar cómo el antecesor soja de primera con cultivo cobertura tuvo mejores resultados que sin cultivo cobertura, mientras que para el maíz de primera el cultivo cobertura no generó diferencias de rendimiento (Cuadro 11).

Cuadro No. 11. Rendimiento relativo según antecesor de verano e invierno anterior.

Zona	Ant. verano	Medias rend. relativo	Dif. significativa*
Litoral sur	maíz 1ra. s/cob.	1,14	A
	maíz 1ra. c/cob.	1,14	A
	maíz 2da.	1,11	B
	soja 1ra. c/cob.	1,03	C
	soja 1ra. s/cob.	1,01	D
	soja 2da.	0,90	E
Litoral norte	maíz 1ra. s/cob.	1,12	A
	maíz 1ra. c/cob.	1,06	B
	maíz 2da.	1,05	C
	soja 2da.	0,94	D

* Valores seguidos con la misma letra no son significativos ($P \leq 0.05$).

En este caso el mejor rendimiento de la soja sobre antecesor maíz de primera (con o sin cobertura) se puede explicar por los rendimientos mínimos altos y una baja variabilidad de los mismos (Figura 4).

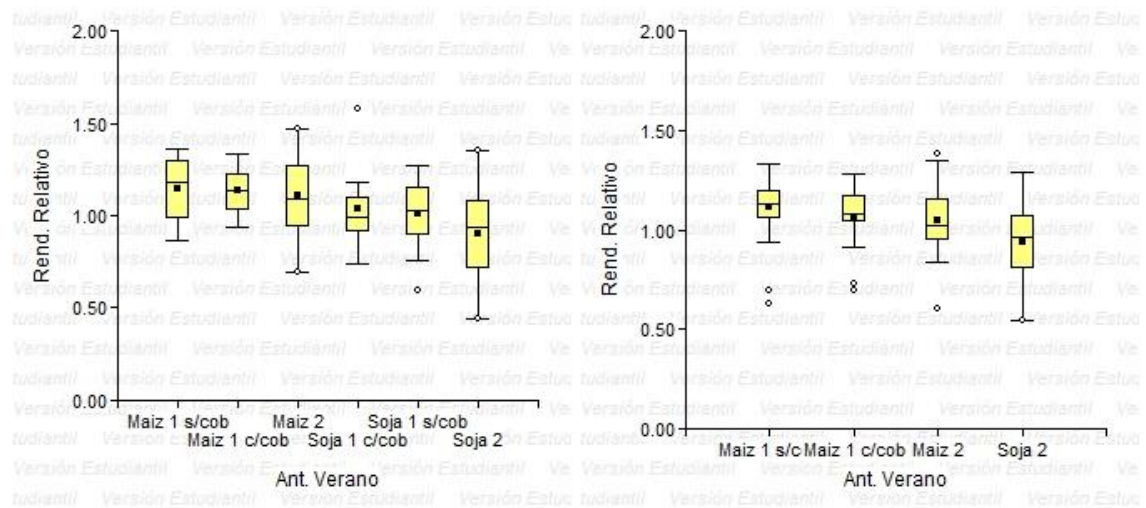


Figura No. 4. Rendimientos relativos según antecesor para las zonas litoral sur (izquierda) y litoral norte (derecha) con ajuste por antecesor invierno.

4.6 DISCUSIÓN FINAL

Los resultados coinciden con los obtenidos por Felizia (1994), Lattanzi et al. (2005), Bacigaluppo et al. (2009). Dichos autores obtuvieron rendimientos superiores del cultivo de soja sobre antecesores gramíneas entorno al 10%.

Los mejores rendimientos del cultivo de soja sobre un antecesor maíz evidencian que la rotación de cultivos genera un efecto positivo en el sistema productivo. El mayor aporte de rastrojo de maíz, la mayor relación C:N de los mismos, mayor aporte de biomasa radicular, sumado al resto de las características detalladas por Ferrari (2010), generan mejores condiciones para el crecimiento del cultivo de soja. Esto también se puede explicar, analizando las chacras con peores rendimientos. Tanto para la zona sur como norte, los rendimientos menores fueron logrados con soja sembrada sobre antecesores soja, y en particular soja de segunda.

Además se podría pensar que el rastrojo del antecesor maíz brinda otras condiciones que favorecen el mejor crecimiento y desarrollo del cultivo de soja, una de ellas puede ser mayor humedad del suelo al momento de la siembra debido a la menor pérdida por evaporación del suelo (May y Schmith, 1997) y la mayor infiltración de agua (Ferrari, 2010) gracias a la cobertura del rastrojo. Para dimensionar este efecto habría que considerar los rendimientos de los cultivos antecesores, en estos casos el maíz no presenta rendimientos altos (4500 kg ha^{-1}), por lo que relativiza el posible efecto positivo atribuible a la presencia del rastrojo. Otra condición puede ser el menor desarrollo de enfermedades al haber menos inóculo de enfermedades causadas por hongos o bacterias que afecten al cultivo de soja posterior (Grau et al. 1997, Xing y Westphal 2009), esto solo incidiría si el cultivo anterior de soja tuvo incidencia de alguna enfermedad cuyo inóculo pueda permanecer en el rastrojo. Por último, la mejora de la fertilidad física y química por el aporte del rastrojo de maíz en superficie y sus raíces. Algunas de estas razones fueron expuestas por Lattanzi et al. (2005) o Bacigaluppo et al. (2009) como los factores que generan la diferencia de rendimiento entre antecesores.

El cultivo de cobertura sumado al antecesor maíz no generó un efecto positivo adicional, y hasta pudo generar un efecto negativo respecto al cultivo de maíz sin cobertura. Quizás esto se deba a una menor disponibilidad de agua

para el cultivo de soja. En cambio, si hay un efecto positivo del cultivo cobertura sumando al antecesor soja, lo que nuevamente evidencia que la rotación de cultivos es necesaria para sostener o aumentar los rendimientos de cultivos sucesivos en el tiempo. Este efecto positivo puede deberse al aumento de carbono orgánico y la activada enzimática del suelo (Ferrerías, 2010) o la menor pérdida de nitrógeno y la mejora de propiedades físicas del suelo (Restovich et al., 2012).

4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para conocer si el beneficio en rendimiento en soja por incluir maíz redundaba en una mejora del resultado económico se evaluaron los márgenes netos de dos rotaciones en ambas zonas. Se utilizó información de costos, precios y rendimientos de la Jornada de Cultivos de Verano 2015 de FUCREA. El cultivo de trigo no fue considerado ya que como esta en todas las rotaciones no generaría diferencias entre ellas. Los costos no incluyen renta. Se consideró un aumento del 12% en el rendimiento de la soja de 1ra. luego de maíz y una disminución de 6% en la soja continua.

Las rotaciones comparadas fueron:

trigo - maíz 2da. / barbecho químico - soja 1ra. (1)

trigo - soja 2da. / cultivo cobertura - soja 1ra. (2)

Cuadro No. 12. Margen neto de la rotación 1 en litoral sur.

	trigo	maíz 2da.	b.q.	soja 1ra.
Rendimiento (kg/ha)	-	3646	-	3102
Precio (U\$S/tt)	-	170	-	325
Margen Bruto (U\$S/ha)	-	620	-	1008
Costo (U\$S/ha)	-	737	-	608
Margen Neto (U\$S/ha)	-	-117	-	400
Margen Rotación (U\$S/ha)	283			

Cuadro No. 13. Margen neto de la rotación 2 en litoral sur.

	trigo	soja 2da.	c.c.	soja 1ra.
Rendimiento (kg/ha)	-	2150	0	2604
Precio (U\$/tt)	-	325	0	325
Margen Bruto (U\$/ha)	-	699	0	846
Costo (U\$/ha)	-	465	100	594
Margen Neto (U\$/ha)	-	234	-100	252
Margen Rotación (U\$/ha)	386			

Cuadro No. 14. Margen neto de la rotación 1 en litoral norte.

	trigo	maíz 2da.	b.q.	soja 1ra.
Rendimiento (kg/ha)	-	2591	-	2397
Precio (U\$/tt)	-	170	-	325
Margen Bruto (U\$/ha)	-	440	-	779
Costo (U\$/ha)	-	723	-	602
Margen Neto (U\$/ha)	-	-284	-	177
Margen Rotación (U\$/ha)	-107			

Cuadro No. 15. Margen neto de la rotación 2 en litoral norte.

	trigo	soja 2da.	c.c.	soja 1ra.
Rendimiento (kg/ha)	-	2000	0	2140
Precio (U\$/tt)	-	325	0	325
Margen Bruto (U\$/ha)	-	650	0	696
Costo (U\$/ha)	-	473	100	594
Margen Neto (U\$/ha)	-	177	-100	102
Margen Rotación (U\$/ha)	179			

Los resultados muestran que en el balance de los dos años de secuencia, la mejora en el rendimiento de soja no es compensada por la pérdida de margen que se genera durante el maíz de segunda, en especial en la región litoral norte. No obstante la mejora en el margen de soja de primera es de 74 y 59% para el litoral norte y sur respectivamente. Sería interesante conocer el efecto residual del maíz sobre el rendimiento de soja más allá del año inmediato ya que de existir ese efecto tal como es reportado en algunos trabajos ayudaría a mejorar el margen de la inclusión, lo mismo que el trabajo sobre el maíz para maximizar los rendimientos actuales de forma que aun con los precios actuales logre mejorar su margen.

5. CONCLUSIONES

Se comprobó que el cultivo antecesor de verano genera un efecto positivo sobre el rendimiento en grano del cultivo de soja. El antecesor maíz genero mayores rendimientos en todos los casos. Estas diferencias variaron entre 5 y 20% según la zona y secuencia analizada, y fueron independientes del efecto fecha de siembra.

La siembra de cultivos de cobertura invernal, de tipo gramínea, en una rotación de soja continua genera un efecto positivo sobre el rendimiento en grano del cultivo de soja posterior.

Los resultados no permiten conocer las causas que generan estas diferencias, pero permitió conocer la magnitud, lo cual es interesante desde el punto de vista de manejo y como herramienta para maximizar los rendimientos de soja.

6. RESUMEN

En Uruguay, el área de cultivos, especialmente los de verano, y dentro de estos el cultivo de soja, han aumentado de forma exponencial en los últimos años, por ejemplo para la zafra 2013-2014 se sembraron 1.224.000 hectáreas, de las cuales el 86%, 10% y 4% corresponden a soja, maíz y sorgo respectivamente. Esto determina que la siembra de cultivos de soja de primera se realice en una alta proporción sobre rastrojo del mismo cultivo. Existen muchos antecedentes que muestran ventajas asociadas a la inclusión de maíz o sorgo en la rotación sobre el rendimiento de soja del año siguiente, pero no hay datos locales de dicho efecto. El objetivo de este trabajo es estimar los aumentos de rendimiento de cultivo de soja cuando es sembrado sobre rastrojo de un antecesor maíz en relación a la siembra sobre rastrojo del mismo cultivo. Para esto se trabajó con registros de 5 zafras (2009/2010 a 2013/2014) de cultivos de productores CREA, a partir de la cual se realizaron muestreos y análisis de varianza comparando los rendimientos del cultivo de soja según el antecesor de verano anterior. Todos los análisis mostraron que el antecesor genera un efecto sobre el cultivo de soja. El antecesor maíz generó rendimientos mayores en todos los casos, siendo esta diferencia entre un 5% y 20% según la zona y secuencia analizada.

Palabras clave: Soja; Rotación; Rendimiento.

7. SUMMARY

In Uruguay, the crops area, especially summer, and within these soybean have exponentially increased in the recent years, for example for the 2013-2014 harvest 1,224,000 hectares were planted, of which 86%, 10% and 4% were soybean, maize and sorghum respectively. This causes that soybean crop planting takes place in a high proportion of the same crop stubble. There are many advantages associated to the inclusion of maize or sorghum in the rotation on soybean yields the following year, but there are no local data of this effect. The objective of this work is to estimate the increases of soybean yield when planted on maize stubble of a predecessor in relation to the planting of the same crop stubble. To measure this effect we work with 5 harvests data (2009/2010 a 2013/2014) of CREA crops producers, from which sampling and analysis of variance comparing the yields of soybean under predecessor took place last summer. All analyzes showed that the predecessor generates an effect on the soybean crop. Maize predecessor show higher yields in all cases, being the difference between 5% and 20% depending on the area and sequence analyzed.

Key words: Soybean; Rotation; Yield.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Bacigaluppo, S.; Bodrero, M.; Salvagiotti, F. 2009. Producción de soja en rotación vs. monocultivo en suelos con historia agrícola prolongada. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción. no. 42: 53-55.
2. Capurro, J.; Dickie, M.; Ninfi, D.; Zazzarini, A.; Tosi, E.; González, M. C. 2012. Gramíneas y leguminosas como cultivos de cobertura para soja. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la producción. no. 47: 83-88.
3. Caviglia, O.; Novelli, L.; Gregorutti, V.; Van Opstal, N.; Melciori, R. 2010. Cultivos de cobertura como alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de entre ríos. INTA EEA Paraná. Actualización Técnica. Agricultura Sustentable. Serie Extensión. no 58: 13-23
4. Cordone, G.; Ferrari, M.; Ostojic, J.; Planas, G. 1993. Caracterización de los residuos de cosecha de los principales cultivos del norte de la Provincia de Buenos Aires. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (14°, 1993, Mendoza, AR). Trabajos y comunicaciones resumidos. s.n.t. pp. 191-192.
5. Ernst, O.; Bentancur, O.; Borges, R. 2002. Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo; trigo, maíz, soja y trigo después de maíz o soja. Agrociencia (Montevideo). 6 (1): 20-26.
6. Ferrari, M. 2010. ¿Nuestros actuales sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables? Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica. no. 48: 6-10.
7. Ferreras, L.; Toresani, S.; Bacigaluppo, S.; Dickie, M.; Fernández, E.; Bonel, B.; Bordrero, M. 2010. Rotación con gramíneas y cultivos de cobertura: alternativas para la conservación biológica del suelo. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción. no 45: 63-67.
8. García Préchac, F.; Ernst, O.; Siri Prieto, G.; Terra, J. 2004. Integrating no till into crop pasture rotations in Uruguay. Soil and Tillage Research. no. 77: 1-13.

9. Lattanzi, A.; Arce, J.; Marelli, H.; Lorenzon, C.; Baigorria, T. 2005. Efecto de largo plazo de la siembra directa y de rotaciones de cultivos sobre los rendimientos, el carbono y nitrógeno orgánico en un suelo Argiudol típico en Marcos Juárez. In: Seminario Internacional Indicadores de Calidad de Suelo (2005, Marcos Juarez, AR). Resúmenes. s.n.t. p. 1.
10. May, Z.; Schmith, S. 1997. Efecto de la edad de chacra y secuencia de laboreo sobre el crecimiento y rendimiento de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
11. Mazzilli, S.; Kemanian, A.; Ernst, O.; Jackson, R.; Piñeiro, G. 2014. Priming of soil organic carbon decomposition induced by corn compared to soybean crop. *Soil Biology and Biochemistry*. 75: 273-281.
12. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2015. Greater humification of belowground than aboveground biomass carbon into particulate soil organic matter in no-till corn and soybean crops. *Soil Biology and Biochemistry*. 85: 23-30.
13. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Anuario estadístico agropecuario 2013. Montevideo. 243 p.
14. Reddy, K.; Zablutowicz, R.; Krutz, J. 2013. Corn and soybean rotation under reduced tillage management: Impacts on soil properties, yield and net return. *American Journal of Plant Sciences*. 4: 10-17.
15. Restovich, S.; Antriulo, A.; Portela, S. 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotatio if the Humid Pampas: Effect on nitrogen and wáter dynamics. *Field Crops Research*. no. 128: 62-70.
16. Salinas García, J.; Hons, F.; Matocha, J. 1997. Long term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal*. 61 (1): 152-159.
17. Xing, L.; Westphal, A. 2009. Effect of crop rotation of soybean with corn on severity of sudden death síndrome and population densities of *Heterodera glycines* in naturally infested soil. *Field Crops Research*. no. 112: 107-117

9. ANEXOS

1. Análisis de varianza de los rendimientos promedio por antecesor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. Promedio	40	0.30	0.24	11.89

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1787183.88	3	595727.96	5.21	0.0043
Ant. verano	1787183.88	3	595727.96	5.21	0.0043
Error	4116203.90	36	114339.00		
Total	5903387.78	39			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=306.69045

Error: 114338.9972 gl: 36

Ant. verano	Medias	n	E.E.		
maíz 2	3135.80	10	106.93	A	
maíz 1	2936.10	10	106.93	A	B
soja 1	2724.50	10	106.93	B	C
soja 2	2577.90	10	106.93	C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2. Análisis de varianza zona litoral sur

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relativo	20000	0.11	0.09	21.53

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	119.89	399	0.30	6.03	<0.0001
Muestra	5.11	99	0.05	1.03	0.3877
Ant. verano	99.14	3	33.05	662.89	<0.0001
Muestra*Ant. verano	15.64	297	0.05	1.06	0.2437
Error	977.15	19600		0.05	

Total 1097.04 19999

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00875

Error: 0.0499 gl: 19600

Ant. verano	Medias	n	E.E.	
maíz 2	1.13	5000	3.2E-03	A
maíz 1	1.06	5000	3.2E-03	B
soja 1	1.02	5000	3.2E-03	C
soja 2	0.94	5000	3.2E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

3. Análisis de varianza zona litoral norte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relativo	24000	0.12	0.11	19.49

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	130.92	399	0.33	8.30	<0.0001
Muestra	4.70	99	0.05	1.20	0.0852
Ant. verano	113.18	3	37.73	954.22	<0.0001
Muestra*Ant. verano	13.04	297	0.04	1.11	0.0942
Error	933.06	23600		0.04	
Total	1063.97	23999			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00712

Error: 0.0395 gl: 23600

Ant. verano	Medias	n	E.E.	
maíz 2	1.11	6000	2.6E-03	A
maíz 1	1.06	6000	2.6E-03	B
soja 1	0.96	6000	2.6E-03	C
soja 2	0.95	6000	2.6E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

4. Análisis de varianza zona litoral sur con ajuste por fecha de siembra

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relativo	18000	0.13	0.11	20.25

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	117.99	399	0.30	6.68	<0.0001
Muestra	3.97	99	0.04	0.91	0.7364
Ant. verano	101.90	3	33.97	767.68	<0.0001
Muestra*Ant. verano	12.12	297	0.04	0.92	0.8258
Error	778.74	17600	0.04		
Total	896.73	17999			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00869

Error: 0.0442

gl: 17600

Ant. verano	Medias	n	E.E.		
maíz 2	1.14	4500	3.1E-03	A	
maíz 1	1.06	4500	3.1E-03	B	
soja 1	1.02	4500	3.1E-03	C	
soja 2	0.93	4500	3.1E-03	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

5. Análisis de la varianza zona litoral norte con ajuste por fecha de siembra

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relativo	22000	0.11	0.09	19.46

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	107.22	399	0.27	6.69	<0.0001
Muestreo	3.96	99	0.04	1.00	0.4914
Ant. verano	91.32	3	30.44	757.58	<0.0001
Muestreo*Ant. verano	11.94	297	0.04	1.00	0.4864
Error	867.86	21600	0.04		
Total	975.08	21999			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00749

Error: 0.0402

gl: 21600

Ant. verano	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

maíz 2	1.11	5500	2.7E-03	A
maíz 1	1.07	5500	2.7E-03	B
soja 1	0.97	5500	2.7E-03	C
soja 2	0.96	5500	2.7E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6. Análisis de la varianza zona litoral sur con ajuste por antecesor de invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. Relativo	9000	0.24	0.18	17.11

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	85.22	599	0.14	4.36	<0.0001
Muestreo	3.98	99	0.04	1.23	0.0598
Ant. verano	63.78	5	12.76	390.65	<0.0001
Muestreo*Ant. verano	17.45	495	0.04	1.08	0.1137
Error	274.29	8400	0.03		
Total	359.50	8999			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01293

Error: 0.0327 gl: 8400

Ant. verano	Medias	n	E.E.	
maíz 1 s/cob.	1.14	1500	4.7E-03	A
maíz 1 c/cob.	1.14	1500	4.7E-03	A
maíz 2	1.11	1500	4.7E-03	B
soja 1 c/cob.	1.03	1500	4.7E-03	C
soja 1 s/cob.	1.01	1500	4.7E-03	D
soja 2	0.90	1500	4.7E-03	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

7. Análisis de la varianza zona litoral norte con ajuste por antecesor de invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Rend. Relativo 10000 0.16 0.13 16.44

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53.67	399	0.13	4.61	<0.0001
Muestra	3.61	99	0.04	1.25	0.0469
Ant. verano	41.25	3	13.75	471.56	<0.0001
Muestra*Ant. verano	8.81	297	0.03	1.02	0.4084
Error	279.89	9600	0.03		
Total	333.55	9999			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00947

Error: 0.0292 gl: 9600

Ant. Verano	Medias	n	E.E.	
maíz 1 s/cob.	1.12	2500	3.4E-03	A
maíz 1 c/cob.	1.06	2500	3.4E-03	B
maíz 2	1.05	2500	3.4E-03	C
soja 2	0.94	2500	3.4E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)