

Asociación Argentina de Economía Agraria

**EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL
ANÁLISIS ECONÓMICO DE EMPRESAS AGRÍCOLAS DEL
SUDESTE DE CÓRDOBA**

Junio, 2007

Ghida Daza, Carlos
economiamj@mjuarez.inta.gov.ar¹

¹Investigador en Administración Rural, Grupo de Economía, EEA INTA Marcos Juárez

EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE EMPRESAS AGRÍCOLAS DEL SUDESTE DE CÓRDOBA

RESUMEN

La “agriculturización” en las tierras de mayor capacidad de uso de la zona pampeana ha llevado a plantear objeciones por las implicancias económicas y ambientales negativas. La empresa agrícola –una de las predominantes en la zona- ha aumentado, según datos censales, la participación de soja como único cultivo anual. Por ello se analizaron, en este modelo de empresa, efectos económicos y ambientales ante cambios de escenarios que modificaban el óptimo resultado económico.

Se utilizó un esquema de Programación Lineal maximizando el Margen Bruto Global, respetando una serie de restricciones. Luego se procedió a un análisis de sensibilidad modificando las principales variables que afectaban el resultado de la empresa. Complementariamente se agregó a la matriz los datos de pérdida de nutrientes por cultivo para ver los efectos en la solución óptima

Finalmente, se compararon los resultados con un esquema con mayor énfasis en el aspecto ambiental por lo cual se minimizó una función objetivo representada por la pérdida de nutrientes de cada actividad con una matriz de restricciones a la que se agregaba otra para obtener un mínimo de margen bruto global

Como conclusiones principales se menciona primeramente que el criterio de usar una función objetivo que tuviera en cuenta aspectos de sostenibilidad ambiental y económica permitió obtener soluciones eficientes en ambos rubros. También se dedujo que limitantes en la disponibilidad de capital circulante y capacidad operativa de la maquinaria pueden favorecer –al disminuir la superficie alquilada- una mayor eficiencia económica y ambiental.

SUMMARY

The agricultural increase in lands of greater use capacity of the Pampas zone has taken objections by the economic problems and environmental refusals. The agricultural enterprise - one of the predominant in the zone has increased, according to data censuses , the participation of soybean as only annual culture. For that reason this factors were analyzed in the model, in the economic and environmental effect when changes of scenes modified the optimal economic result.

A scheme of Linear programming was used maximizing the Global Gross Margin, respecting a series of restrictions. Later, was made a sensitivity analysis modifying the main variables that affected the result of the enterprise. Complementarily was added to the matrix the data of loss of nutrients by culture to see the effects in the optimal solution

Finally, the results was compared with a scheme with greater emphasis in the environmental aspect that minimized an objective function represented by the loss of nutrients of each activity with a matrix of restrictions to which was added other to obtain a minimum base of global gross margin

As main conclusions are mentioned firstly the criterion to use an objective function that considered aspects of environmental and economic sustainability it allowed to obtain efficient solutions in both headings. Also it was deduced that restricts in the availability of operating capital and operational capacity of the machinery can favor a greater economic and environmental efficiency when diminishing the rented surface.

INTRODUCCIÓN

El creciente proceso de “agriculturización” en las tierras de mayor capacidad de uso de la zona pampeana (Ghida Daza, 2005) ha llevado a plantear objeciones al mismo en base a cuestionamientos con fundamentos económicos y ambientales.

De este modo se mencionan como principales problemas, por una parte el aumento del riesgo económico ante la falta de diversificación de actividades (Ghida Daza, 1997) y, como otro efecto adverso, el progresivo deterioro de la capacidad productiva de los suelos (Viglizzo, 2002) ante la creciente superficie dedicada al monocultivo de soja.

Teniendo en cuenta que en la actualidad –a partir del 2002- se comprueba una mayor estabilidad en las principales variables macroeconómicas surge la posibilidad de analizar escenarios posibles en los sistemas productivos predominantes (SPP) de las zonas agroeconómicas homogéneas (ZAH) de áreas específicas.

Uno de los SPP en el sudeste cordobés con mayor aptitud de suelos para cultivos es el sistema agrícola (Peretti, 2006) , este modelo –según datos censales- ha aumentado la participación de soja como único cultivo anual del 30 % (CNA 1988) al 41% (CNA 2002). Esta tendencia hacia el monocultivo de la oleaginosa también se manifiesta en el incremento en la proporción de este grano en los subsistemas agrícolas de las empresas mixtas. De acuerdo a esto la sustentabilidad de la mayoría de los SPP puede verse afectada de proseguir este avance de la oleaginosa en los suelos aptos de la región.

Se planteó por ello, utilizando una metodología específica de optimización económica (Hazell, 1986) el análisis de la sostenibilidad de un determinado tipo de empresa medida a través de los cambios en la solución óptima producidos por distintos escenarios económicos.

En forma complementaria se agregó al SPP una variable que exprese el deterioro ambiental (Galarza, 2003) para determinar una medida de este ítem en la solución óptima del sistema ante los distintos escenarios.

Paralelamente a ese enfoque se planteó también otra solución que optimizaba los aspectos ambientales respetando ciertas restricciones económicas (Frank, 1991).

A partir de estas alternativas surgió la posibilidad de comparar los resultados de estas metodologías con el fin de determinar planes productivos específicos para mejorar la estabilidad económica y agronómica de los SPP en las distintas zonas de análisis.

De acuerdo a ello, el objetivo de este trabajo fue analizar-ante cambios de escenarios que modificaban el óptimo resultado económico- efectos económicos y ambientales en la empresa agrícola predominante del sudeste de Córdoba.

Complementariamente, se elaboró un esquema alternativo de análisis con mayor énfasis en los aspectos ambientales para determinar, al comparar entre ambos, el esquema mas eficiente.

METODOLOGÍA

De acuerdo a trabajos anteriores (Peretti, 2006) se tenía caracterizada la estructura de costos para el sistema agrícola de la zona analizada. El detalle de la misma se muestra en el anexo 1.

Se consideraron los precios promedio de abril '07 para los insumos y el promedio del último trienio en el trimestre de cosecha para los productos que se llevó a \$ de abril '07. A su

vez se utilizaron los datos de productividad agrícola del quinquenio 2001/02 al 2005/06 para la zona analizada.

Uno de los métodos que permite la optimización económica - usualmente utilizado en Administración Rural – es el de Programación Lineal donde se maximiza el resultado económico, en este caso el Margen Bruto Global, respetando una serie de restricciones elaboradas en forma de matriz de coeficientes técnicos.

Utilizando el programa Solver de Excel para el cálculo se consideró, como función objetivo, la maximización del margen bruto global de una empresa que tenía una superficie propia de 124ha –que era el promedio del estrato medio de las empresas agrícolas predominantes del área analizada según el CNA 2002-. Las actividades a optimizar eran: trigo, soja de segunda (soja II), maíz y soja de primera (soja I) a estas producciones se agregaba la posibilidad del alquiler de tierra - de existir sobrante de horas maquina y de capital circulante- para la realización de soja I. Para ello se consideró en el primer análisis el valor histórico de 12 quintales de soja por hectárea como pago por el uso de la tierra.

De acuerdo a ello se tenían cuatro actividades a optimizar, ya que se incluyó una restricción de doble cultivo para que se realice igual superficie de trigo y soja II considerándolas de esta forma como una sola actividad donde parte del margen bruto del trigo financiaba los gastos directos de soja II.

A continuación se planteó la matriz de restricción en el uso de recursos limitantes – tierra, trabajo y capital- . Para ello se plantearon cuatro restricciones de máximo uso de suelo propio por trimestre. Otra serie de restricciones fueron las referidas al uso máximo de capital circulante para financiar los gastos directos de los cultivos, de este modo se plantearon cuatro restricciones –una por trimestre- . También se establecieron tres actividades de transferencia de fondos entre un trimestre y el siguiente, el máximo de capital circulante posible de usar surgió del Resultado Operativo global disponible para este tipo de empresa según bibliografía (Peretti , 2006). De este modo se planteó un total de veintiún restricciones en el modelo.

El esquema planteado fue entonces:

Maximizar $E(MB) = \sum MB_i \cdot x_i$

sujeto a : $A_{i,k} \cdot x_i \leq B_k$;

$X \geq 0$

Donde

$E(MB)$ = Valor esperado del margen bruto global de la empresa.

MB_i = margen bruto esperado de la actividad i (\$/ha).

x_i = nivel de la actividad i (ha)

$A_{i,k}$ = Requerimiento de recurso tierra, capital operativo y hs de maquina por la actividad i en el trimestre j

B_k = Disponibilidad de tierra por trimestre, \$ disponibles por trimestre , hs máquina posibles de trabajar por mes

Para establecer la disponibilidad de horas de máquina se usó un informe referido a la zona analizada (Díaz, 1996). Complementariamente se agregó a la matriz los datos de balance de nutrientes por cultivo (Impofos) calculados en base a la productividad promedio zonal para evaluar la pérdida de nutrientes en la solución óptima. A fin de hacer comparativo este dato se lo transformó posteriormente en kg de nutriente evaluado por su precio equivalente en Abril '07, el detalle de estas tablas se muestra en el anexo 2.

Posteriormente a la obtención de la solución óptima con los datos promedio, se procedió a un análisis de sensibilidad modificando las principales variables que afectaban el resultado de la empresa. De este modo se consideraron cuatro escenarios: incremento en el alquiler pagado –pasando de 12 a 18 q /ha de soja como tarifa-, aumento del trigo –25% equivalente a un desvío estándar del precio promedio histórico (Ghida Daza, 2005) -, suba del maíz –30 %- y por último incremento del valor de soja –30%-. En estos casos se analizó como indicador de eficiencia (Ghida Daza, 1995) la relación del margen bruto total y el capital circulante utilizado, teniendo en cuenta también el efecto de la pérdida de nutrientes en el resultado económico óptimo. .

Finalmente, para determinar un rango de eficiencia económico ambiental se elaboró un esquema alternativo de optimización. En el mismo se minimizó una función objetivo representada por la pérdida de nutrientes de cada actividad expresada en pesos por unidad de superficie sujeta a una matriz de restricciones similar a la ya mencionada pero a la que se agregaba otra limitante que obligaba a obtener por lo menos un mínimo de margen bruto global. De este modo, parametrizando distintos valores de resultado económico se determinaban los óptimos de mínima pérdida de nutrientes y niveles de actividad requeridos. En este caso el esquema usado fue:

Minimizar $E(PN) = \sum PN_i \cdot x_i$

sujeto a : $A_{i,k} \cdot x_i \leq B_k$;
 $MB_i \cdot x_i \geq MB$ determinado
 $X \geq 0$

Donde

$E(PN)$ = Valor esperado de la pérdida de nutrientes global (\$).

PN_i = pérdida de nutrientes de la actividad i (\$/ha).

x_i = nivel de la actividad i (ha)

$A_{i,k}$ = Requerimiento de recurso tierra, capital operativo y hs de maquina por la actividad i en el trimestre j

B_k = Disponibilidad de tierra por trimestre, \$ disponibles por trimestre , hs máquina posibles de trabajar por mes

MB_i = margen bruto de cada actividad (\$ /ha)

Finalmente se graficaron los resultados para determinar las alternativas óptimas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los resultados de la solución óptima considerando los valores históricos –Agrícola- y los óptimos logrados en los cuatro escenarios indicados.

Cuadro 1. Soluciones optimas del sistema agrícola según escenario.

Item	unidad	Situación				
		actual	> alquiler	> precio trigo	> precio maíz	> precio soja
MARGEN BRUTO TOTAL	(\$)	247961	212314	257145	265384	276558
Sup propia	(ha)	124	124	124	124	124
trigo /soja II	(ha)	66	28	116	0	116
soja I	(ha)	17	55	8	0	8
maíz	(ha)	41	41	0	124	0
Sup alquilada	(ha)	116	77	138	139	138
Sup total trabajada	(ha)	240	201	262	263	262
Capital circulante	(\$)	160580	148705	162834	218870	162834
Eficiencia MB /cap circulante (1)		1,54	1,43	1,58	1,21	1,70

Del cuadro surge que la solución óptima tiene el comportamiento esperado, es decir mejora su resultado económico global ante escenarios de aumentos de precios de granos y empeora al subir el pago de alquiler.

De este modo al aumentar el pago de alquiler baja un 14 % el margen global de la empresa disminuyendo un 34 % la superficie alquilada pero aumentando la soja I en campo propio.

Al incrementarse el precio de trigo aumenta levemente el resultado en 4 % por el aumento del doble cultivo en campo propio y de soja I en la superficie alquilada que también se incrementa en 19%.

En el escenario con suba del valor de maíz se aumenta el margen global en 7 % debido al incremento en forma importante de la superficie del cereal –202 %- y al crecimiento de soja I del 20% en campo alquilado.

Cuando la soja mejora su precio se logra el mayor aumento de margen de la empresa – 11 %- principalmente por el aumento del doble cultivo en campo propio y de la superficie de soja I en tierra alquilada.

Si se relaciona el margen bruto global con el capital circulante utilizado –última fila del cuadro- el mayor incremento de eficiencia se da en el escenario de mejora del valor de soja y en segundo lugar al aumentar el precio de trigo. En cambio al incrementar el valor de maíz, como la solución lleva a usar todo el campo propio para el cereal sube el capital requerido y, por lo tanto, baja el indicador de eficiencia.

Una forma de considerar el efecto extractivo de la actividad agrícola es agregar algún componente que refleje la sostenibilidad agronómica de la solución, para ello se consideró el balance de nutrientes de las actividades. De este forma en el cuadro 2 se muestran las pérdidas de nutrientes de los cultivos calculadas según las tablas mencionadas (Impofos).

Cuadro 2: Balance de pérdida neta de nutrientes por cultivo.

	trigo	soja	maíz
	kg nutriente /t grano		
Balance N	20	60	15
Balance P	4	7	3
Balance K	3	19	4
Balance Ca	0,42	3	0,21
Balance S	1,12	5	1,8

En base a estos datos y considerando los rendimientos y la superficie dedicada a cada actividad en la solución óptima se determinó, en el cuadro 3, la pérdida total de nutrientes de cada modelo óptimo –ver detalle en anexo 2- y se transformó en un valor económico de acuerdo a los precios de fertilizantes.

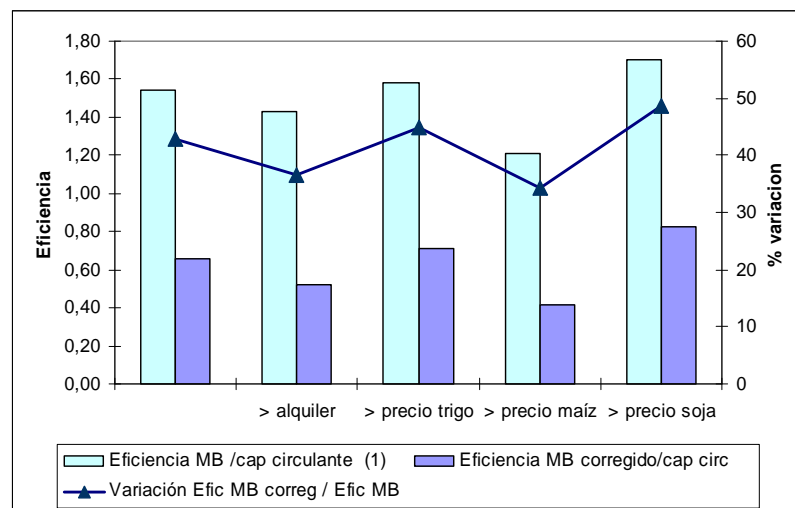
Cuadro 3: Resultados económicos corregidos por el balance de nutrientes

Item	Situación	kg nutriente /t grano				
		actual	> alquiler	> precio trigo	> precio maíz	> precio soja
\$ fertilizante equivalente	(\$)	141794	134596	141885	174632	141885
MARGEN BRUTO TOTAL CORREGIDO	(\$)	106168	77718	115259	90752	134673
Eficiencia MB corregido/cap circ		0,66	0,52	0,71	0,41	0,83
Indices comparativos Efic MB correg / Efic MB	%	43	37	45	34	49

En la primera fila -\$ fertilizante equivalente- se resume la pérdida de nutrientes en la solución óptima valuada económicamente. Se observa que esta pérdida, en casi todos los escenarios, es similar o superior a la del resultado óptimo histórico con excepción de aquel en que aumenta el alquiler en el que baja 16 % la superficie total trabajada. De acuerdo a ello el margen bruto total corregido muestra su mejor valor en el escenario de mayor precio de soja y a su vez también presenta la menor pérdida de eficiencia en comparación con los resultados sin considerar el balance de nutrientes –última fila del cuadro-.

En el gráfico 1 se resumen los resultados sin y con corrección y la variación porcentual entre márgenes en cada escenario.

Gráfico 1: Márgenes Brutos totales en las soluciones óptimas según escenarios



Se observa que, en general, es importante el efecto sobre la solución óptima al considerar la corrección por la pérdida de nutrientes ya que disminuye el margen global en un rango desde 55 % a más de 60 % en los distintos escenarios. La excepción la presenta la

alternativa óptima en la situación con mayor precio de soja en que la disminución es menor, con una baja de solo 51 %.

Teniendo en cuenta el efecto del balance de nutrientes en la siguiente etapa se buscó optimizar este factor, para lo cual se planteó un esquema de minimización de la pérdida de nutrientes sujeta a una restricción de mínimo de tierra trabajada –124 ha propias- y a partir de ese valor mínimo se parametrizó considerando crecientes niveles de margen bruto total. El resultado se muestra en el cuadro 4.

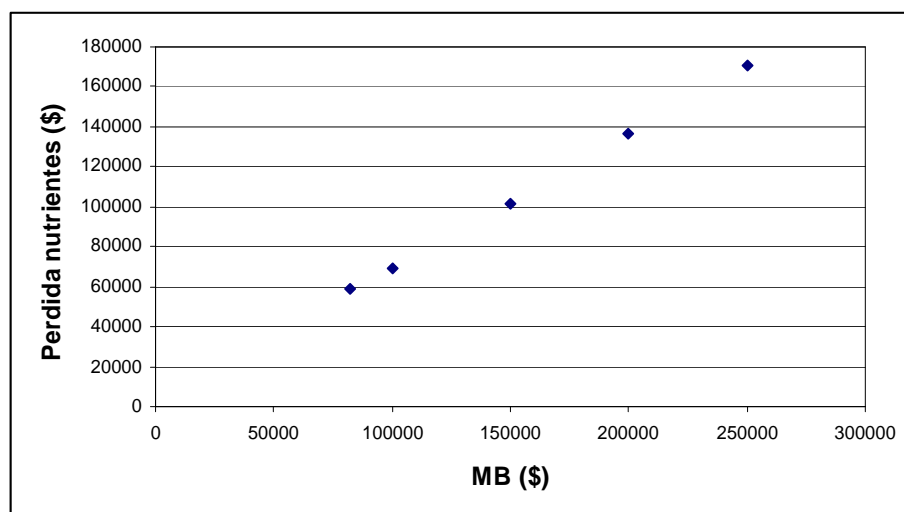
Cuadro 4: Pérdida de nutrientes en relación al resultado económico global

Items	Niveles de pérdida de nutrientes				
	1	2	3	4	5
Minima pérdida de nutrientes (\$) (1)	59078	69160	101859	136436	171014
Margen Bruto total (\$) (2)	81964	100000	150000	200000	250000
Capital circulante (\$) (3)	92981	62616	54020	101690	139359
Sup propia usada (ha)	124	124	124	124	124
Sup alquilada (ha)			29	70	112
Maíz (ha)	124	55			
Trigo /soja II (ha)		69	121	121	121
Soja I (ha)			3	3	3
Soja I alq (ha)			29	70	112
Sup total trabajada	124	124	153	194	236
Eficiencia económica (2) /(3)	0,88	1,60	2,78	1,97	1,79
Eficiencia ambiental (2) /(1)	1,39	1,45	1,47	1,47	1,46

Se observa que, a mayor nivel de pérdida de nutrientes admitida, disminuye la participación de maíz en la solución óptima y se incrementa el doble cultivo y la siembra de soja I en tierra alquilada –en la que también se consideraba la pérdida de nutrientes-.

En el gráfico 2 se muestra la relación de la pérdida de nutrientes mínima, expresada en términos monetarios, respecto al resultado económico global.

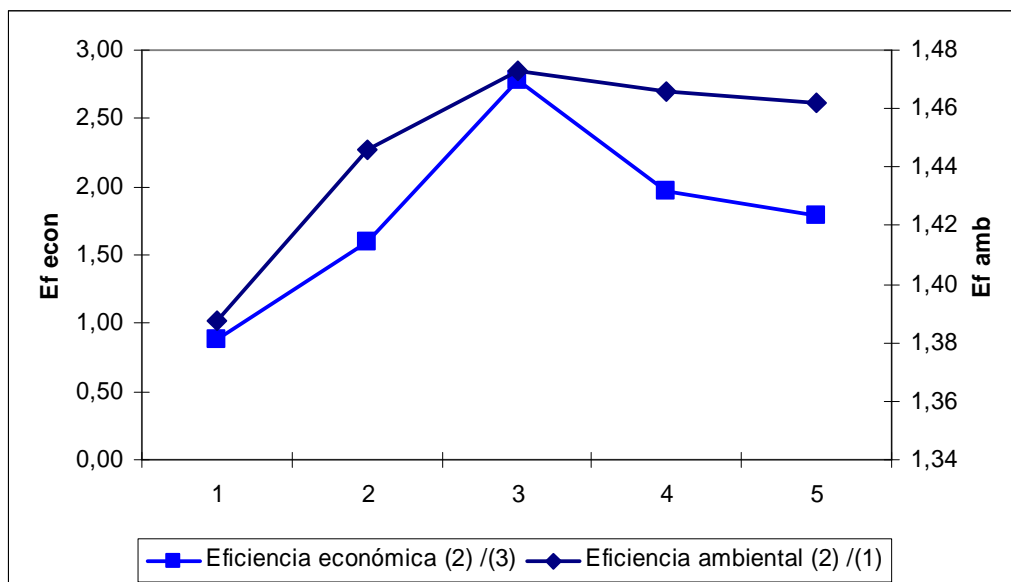
Gráfico 2: Relación de balance de nutrientes óptimo en función del Margen Bruto total



Se observa el efecto de deterioro ambiental creciente ante la posibilidad de mayores beneficios económicos de corto plazo. Para determinar si existía algún rango con mejor respuesta económico ambiental se calcularon los índices de las dos últimas filas del cuadro 4, la eficiencia económica tiene en cuenta el margen por peso gastado y la eficiencia ambiental

el margen por pérdida unitaria de nutriente expresada en términos económicos. El detalle se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 3: Índices de eficiencia económica y ambiental



Del mismo surge una coincidencia en los valores mayores de ambos indicadores en el tercer escenario en el que predominantemente se hace el doble cultivo en tierra propia y se alquila solo un 19% de la superficie total trabajada. A fin de comparar esta solución con la obtenida con el esquema tradicional con precios y rendimientos históricos –Situación actual del cuadro 1- en el cuadro 5 se muestran los principales ítem de las optimizaciones logradas con los criterios mencionados.

Cuadro 5: Resultados de las optimizaciones en el sistema agrícola

	Solución óptima		
	Maximización Margen Bruto (1)	Minimización Perdida Nutrientes (2)	Variación % (2) / (1)
Margen Bruto total (\$)	247961	150000	-40
Capital circulante (\$)	160580	54020	-66
Perdida de nutrientes (\$)	141794	101859	-28
Eficiencia económica	1,54	2,78	80
Eficiencia ambiental	0,66	0,89	35
Superficie total trabajada (ha)	240	153	-36
Superficie propia (ha)	124	124	0
Superficie alquilada (ha)	116	29	-75

De la comparación se observa que la optimización que tiene en cuenta el aspecto ambiental muestra –a pesar de tener un menor resultado económico global- mayor eficiencia ambiental y también económica. En este caso la baja del margen total se debe al menor uso de tierra alquilada, lo que hace que disminuya, también en importante medida, la utilización de capital circulante y esto, por ende, incrementa el indicador de eficiencia económica.

A su vez, en la solución óptima que considera el balance de nutrientes, se realiza un 83% más de superficie con doble cultivo trigo /soja II y también disminuye un 76% el área destinada a soja I lo cual muestra mayor sustentabilidad económica. Cabe aclarar que, considerando los valores actuales de alquileres, la variación de los índices de eficiencia sería aún más favorable a la solución con el uso de la optimización basada en el balance de nutrientes.

CONCLUSIONES

- El uso de Programación Lineal para la optimización económica, aplicada al sistema agrícola del sudeste cordobés, permitió determinar las principales variables que afectaban los resultados del mismo.
- La utilización de una función objetivo que tenía en cuenta aspectos de sostenibilidad ambiental al mismo tiempo que consideraba los aspectos económicos del sistema permitió obtener soluciones eficientes en ambos rubros.
- Limitantes en la disponibilidad de capital circulante y capacidad operativa de la maquinaria pueden favorecer –al disminuir la superficie alquilada- una mayor eficiencia económica y ambiental.
- La aplicación de esta metodología en otros sistemas predominantes y en distintas zonas permitirá analizar la sostenibilidad de los mismos en distintos escenarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ghida Daza C. , 2005 Análisis económico zonal de actividades agrícolas en el sur de Córdoba . Información para Extensión N° 94, EEA INTA Marcos Juárez, 13 pp.
2. Ghida Daza C. , 1997 análisis del riesgo en empresas agrícolas con siembra directa respecto al manejo convencional. Evaluación histórica y perspectivas. Informe Técnico N° 125. EEA INTA Marcos Juárez, 20 pp.

3. Viglizzo E, Pordomingo A, Castro M y Lértora F 2002, La sustentabilidad ambiental del agro pampeano” Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria. INTA , 84 pp.
4. Peretti M, Ghida Daza C, Issaly C., Pizarro L., Freire V, Prado A, Salminis J, Sánchez C, Urquiza B, Vigliocco M, 2006 Monitoreo económico de los sistemas productivos predominantes del sector agropecuario de Córdoba. UNRC. 77pp.
5. Hazell P y Norton R, 1986 Mathematical Programming for Economic Análisis in Agriculture. Mac Millan Publishing Company, 10 pp.
6. Galarza C, Gudelj V, Vallone P 2003, Nuevas tendencias de fertilización de sistemas agrícolas. Balance de nutrientes y su impacto en los contenidos de materia orgánica. Soja, actualización 2003, Información para Extensión N° 81. EEA INTA Marcos Juárez. 4 pp.
7. Frank R, 1991 Planificación de empresas mediante Programación Lineal. Curso de Postgrado, Cátedra de Administración Rural. Facultad de Agronomía. UBA 53 pp.
8. Diaz R y Arce E, 1996 el clima
9. INPOFOS, Instituto del Fósforo y Potasio, Oficina regional para el Cono Sur, sitio Web, www.inpofos.org.ar
10. Ghida Daza C, 2005 Pronósticos de precios agrícolas y decisiones de venta. Un ejemplo actual. Información para Extensión N° 91 EEA INTA Marcos Juárez 16 pp.
11. Ghida Daza C, 1995 Eficiencia económica en agricultura: análisis zonal en el área de la Estación Experimental Marcos Juárez. Anales de la 26° Reunión Anual de Asociación Argentina de Economía Agraria, Corrientes, 15 pp.

ANEXO 1

Estructura productiva según zonas

Ítems	TRIGO	SOJA II	MAÍZ	SOJA I
Labores	1 SDGF 1F 2 PT	1 SDGG 2 PT 1PA	1 SDGG 4 PT	1 SDGG 3 PT 1PA
Semillas (kg /ha)	120	90	20	80
Agroquímicos (l /ha)				
Herbicidas	Round Up 2 Misil II 0,1	Round Up 5,0	Round Up 2,5 Atrazina 2 Guardian 2	Round Up 5,5 Misil 0,1
Insecticida		Decis 0,1	Decis 0,1	Decis 0,1
Curasemilla	Vitavax 0,2			
Fertilizantes (kg /ha)	Urea gran. 100 PDA 40		Urea gran. 200 PDA 44	PMA 40
Rendimientos promedio (q/ha)	24,02	24,72	82,37	33,79

Donde: SDGF siembra directa de grano fino F : fertilizadora, PT: pulverizadora terrestre
SDGG: siembra directa de grano grueso, PA: pulverización aérea

ANEXO 2

Costo de pérdida de nutrientes por cultivo

Tipo de fertilizante	precio equiv.nutriente (\$ /kg nutriente)	trigo	soja II (en kg nutriente /ha)	soja I	maíz
Urea	2,26	2,04	102,32	156,74	77,56
SPT	7,10	1,61	9,30	15,65	16,71
sulfato de potasio	5,44	7,21	46,97	64,20	32,95
yeso	1,77	1,01	7,42	10,14	1,73
costo perdida de nutrientes (\$ /ha)		57,05	566,25	833,01	476,44

Costo de pérdida de nutrientes global según escenario (\$)

agricola histórico	incremento de la variable			
	alquiler	precio trigo	precio maíz	precio soja
141793,53	134596,47	141885,31	174632,44	141885,31