

## ESTUDIO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS EXTENSIVOS EN LA REGIÓN CENTRAL DE CÓRDOBA A TRAVÉS DE INDICADORES ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y DE APORTES ORGÁNICOS

Liliana Pietrarelli\*<sup>1</sup>, Hugo Vaccarello<sup>1</sup>, Héctor Leguía<sup>1</sup>, Javier Quinteros<sup>1</sup> & Luciana Fontanini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba

\* [lipietra@agro.unc.edu.ar](mailto:lipietra@agro.unc.edu.ar)

### Resumen

Los sistemas productivos de la región central de Córdoba han sufrido un proceso de simplificación creciente, sin embargo, existen Productores que adoptan estrategias alternativas para restablecer mecanismos de regulación biótica, procesos de reciclaje de materia y disminuir subsidios energéticos. El objetivo de este estudio fue analizar estrategias productivas que se reflejen en algunos indicadores agroambientales (energéticos y de aporte de materia orgánica) y económicos. Esta situación se analizó en 11 establecimientos de diferente diversidad productiva e integración animal. Se registraron datos de uso del suelo, manejo tecnológico y resultados productivos. Las estrategias más relevantes están asociadas a mayor diversidad de uso del suelo y a integración agrícola-ganadera pastoril, condición que se optimiza en los sistemas mixtos de cría. La intensificación ganadera disminuye la eficiencia energética, aportes de materia orgánica y la relación Margen bruto/Costos.

**Palabras clave:** agrobiodiversidad; integración agricultura-ganadería; eficiencia energética; materia orgánica; margen bruto.

### Abstract

The productive system, in the central region of Córdoba, have simplified their agrobiodiversity however, there are Farmers that adopt alternative strategies to restore biotic regulation mechanisms, matter recycling processes and reduce energy subsidies. The objective of this study was to analyze productive strategies that are reflected in some agri-environmental (energy and organic matter input) and economic indicators. This situation was analyzed in 11 establishments of different productive diversity and animal integration. Land use data, technological management and productive results were recorded. The most relevant strategies are associated with greater diversity of land use and with agricultural-livestock pastoral integration, a condition that is optimized in mixed breeding systems. Livestock intensification decreases energy efficiency, organic matter inputs and the Gross Margin / Costs ratio.

**Keywords:** agrobiodiversity; agriculture-livestock integration; energy efficiency; organic matter; gross margin.

## Introducción

La región central de Córdoba desde la década de los 90 viene sufriendo un proceso de cambio de uso del suelo, aumentando la proporción de sistemas agrícolas y sistemas mixtos con intensificación ganadera (Sanchez y Barberis, 2013). Esta simplificación de la agrobiodiversidad de los sistemas productivos ha llevado a una dependencia creciente del uso de insumos externos, utilizados para suplir el adecuado funcionamiento de los procesos ecológicos. (Iermanó, 2015). Sin embargo, existen sistemas productivos que adoptan estrategias de “hibridación tecnológica” (Ottmann et al, 2011) para disminuir el uso de insumos, restablecer mecanismos de regulación biótica y potenciar procesos de reciclaje de materia. En este trabajo se propuso analizar este tipo de estrategias productivas en sistemas con diferente complejidad a través de indicadores agroambientales y económicos, para evaluar su desempeño a nivel de consumo y producción de energía, aportes de materia orgánica al suelo y resultados productivos y económicos. Constituye un aporte para la valoración de la sustentabilidad de los sistemas productivos extensivos y para contar con fundamentos sólidos en la planificación de propuestas agroecológicas en procesos de transición.

## Metodología

Los sistemas productivos analizados se localizan en la región central semiárida de Córdoba y representan diferentes grados de diversidad productiva y complejidad trófica. Por su escala y características socioeconómicas corresponden a sistemas de agricultura familiar. El estudio se realizó aplicando la metodología de estudio de caso y se incluyeron 4 sistemas agrícolas (SA1, SA2, SA3, SA4) y 7 sistemas mixtos: 3 con ganadería bovina de cría (SMC1, SMC2, SMC3), 1 mixto de recría de vaquillonas (SMRV), 1 mixto de engorde (SME), 2 mixtos de tambo (SMT1 y SMT2). La información predial se recabó a través de entrevistas semiestructuradas y en profundidad, registrando uso de la tierra, manejo tecnológico y resultados productivos (2 a 3 campañas). Se realizaron mediciones de biomasa de especies cultivadas, vegetación espontánea y de restos orgánicos (kg de materia seca).

En cada sistema, se determinó el uso de la tierra, considerando el porcentaje de agricultura y ganadería y la proporción de las distintas especies vegetales anuales y perennes utilizadas en cada actividad. Las salidas de materia de los sistemas, como granos y leche, fueron cuantificados en kilogramos de materia seca por hectárea y por año (kg ms/ha.año), mientras que la producción de carne se expresó como kilogramos de peso vivo animal, por hectárea y año (kg PV/ha.año).

Los aportes de materia orgánica, se midieron mediante un programa que estima la biomasa de rastrojos, pérdidas de restos vegetales en pastoreo, en la elaboración y consumo de reservas, y el aporte de deyecciones (Leguia et al, 2017).

Se cuantificaron, en cada sistema, las entradas de energía para cada rubro agrícola y actividad ganadera, considerando el valor energético de las labores e insumos aplicados, utilizando los coeficientes energéticos correspondientes (Pereira Dos Santos, 2007; Iermano, 2015). La energía de salida se calculó empleando los equivalentes energéticos (Megajoules) de cada producto agropecuario destinado a la venta, por sistema y por año. Se calculó la eficiencia energética total (energía producida/energía entregada).

Para analizar el resultado económico se consideraron los costos de producción (insumos, labores realizadas y servicios). Los precios de insumos y labores se cuantificaron en relación a la cotización del precio dólar del mes de octubre de 2019. Los ingresos brutos se calcularon en función de los rendimientos en grano, carne o leche. Se calculó el margen bruto total de cada sistema productivo, de cada actividad productiva y la relación margen bruto/costos. No se consideraron costos fijos ni amortizaciones de maquinarias.

Se realizó un análisis de componentes principales para analizar la interdependencia de variables medidas y determinar aquellas con mayor peso para explicar la variabilidad entre sistemas.

## Resultados y discusiones

### Uso de la tierra

En la Tabla 1 se detalla para cada sistema, el uso del suelo, la productividad y los aportes de materia orgánica (MO) promedio de 2 campañas.

**Tabla 1.** Superficies, composición porcentual de cultivos, productividad (granos y leche en kg ms/ha.año; carne en kg peso vivo/ha.año) y aportes orgánicos de los sistemas (kg ms/ha.año).

Casos	Sup. Agrícola	Composición (% de superficie)				Productividad anual/ha			Aportes
	%	Anual Est	Anual Inv.	PN o PI	Maíz Gr.	Granos	Carne	Leche	kg ms/ha.año
SA 1	100	100	15	0	24	3.091	0	0	4522
SA 2	100	100	15,5	0	32	6000	0	0	7275
SA 3	100	100	12,7	0	19	3.390	0	0	4.608
SA4	100	100	0	0	33	4232	0	0	5068
SMC 1	80	82,3	23,5	7,4	16	3.982	12	0	7512
SMC 2	64	94	27	15	32	3.715	35	0	6879
SMC3	12,8	12,8	0	87,2	4,3	383	36	0	7751
SMRV	63,5	63,5	0	36,5	14,8	1650	421	0	7500
SME	36	49,5	13,7	50	10,5	1657	748	0	10100
SMT1	40	93	13,8	7	11,6	320	200	700	3.870
SMT2	24	73	14	27	5,5	719	119	687	2989

En los SA, aunque la mayor superficie se destina al cultivo de soja, la proporción de gramíneas como maíz y trigo y su productividad son determinantes de los valores de aportes de materia orgánica (MO).

En los sistemas mixtos (SM) el porcentaje de superficie agrícola disminuye y crece la ocupación de pasturas y anuales con finalidad ganadera. El SME expresa la mayor productividad animal y los mayores aportes de MO. Este sistema tiene la mayor proporción de pasturas implantadas del conjunto (50% de la superficie) demostrando su rol en el aporte de restos vegetales en forma continua a través de las deyecciones durante el pastoreo y por pérdidas en la elaboración de reservas.

Los SMT tienen baja productividad agrícola debido a que el principal cultivo destinado a cosecha es la soja, que produce 1/3 del rendimiento de un maíz. Presentan los menores valores de aportes al suelo de todos los casos analizados, incluso inferior a los agrícolas puros. Ello obedece a un creciente proceso de intensificación, que se hace más evidente en el SMT1 donde la alimentación de los animales se realiza en condiciones de confinamiento y con una importante proporción de maíz destinado al ensilado, que deja mínimos restos. La eliminación o reducción del pastoreo biológico disminuye los aportes de deyecciones a lo que se suma en ambos SMT la ausencia de reciclado de estiércoles.

### Análisis energético y económico

En la Tabla 2 se presentan los valores energéticos de cada sistema, considerando las entradas (insumos, labores y servicios), salidas (productos) y la eficiencia energética. Los resultados económicos se expresan en U\$S/ha, considerando los costos directos, margen bruto total (MB: ingresos brutos-costos directos), MB ganadero y la relación MB/costos.

**Tabla 2.** Valores energéticos de entradas (EE) y salidas (SE) (Megajoules/ha.año) y eficiencia (Efic .E). Resultados económicos en U\$S/ha. año: costos totales, margen bruto total (MBT), margen bruto ganadero (MBG) y relación MB/C.

Casos	Energía			Económico			
	Entradas Mj/Ha Año	Salidas Mj/Ha Año	Eficiencia E/S	Costo total	MB total	MB Ganadero	MB/Costo
SA 1	6513,9	61588,4	9,45	277,56	295,45	0,00	1,06
SA 2	10609,53	100689,9	9,49	605,63	782,11	0,00	1,29
SA 3	6901,6	63971,8	9,27	551,20	512,33	0,00	0,93
SA4	5839,5	65878,4	11,28	375,87	348,24	0,00	0,93
SMC 1	7220,1	83696,7	11,59	276,82	470,93	91,24	1,70
SMC 2	8649,3	82333,7	9,52	314,5	353,62	83,65	1,12
SMC3	906,8	9318,1	10,27	40,03	81,12	42,06	2,03
SMRV	5716,8	30114,2	5,26	415,54	398,99	538,59	0,96
SME	10592	29672,1	2,8	749,21	833,35	1053,2	1,11
SMT1	67815	45468,7	0,67	1458,24	1009,04	1243,52	0,71
SMT2	47441,6	28326,6	0,59	1052,88	579,84	589,43	0,55

Los valores mayores de eficiencia energética se presentan en los SA y los SMC. Si exceptuamos dentro de este grupo al SMC3, se podría generalizar que el costo energético de operar un sistema mixto es similar a manejar un sistema agrícola, aunque existen diferencias en el destino de los subsidios. El valor de EE varía principalmente en función de la aplicación de fertilizantes asociados a

la producción de maíz sin embargo tienen costos importantes en la regulación biótica (principalmente herbicidas). En los SMC, los ingresos de energía disminuyen en función a la proporción de superficie ganadera pastoril. Los SM con actividad ganadera de mayores requerimientos como el SMRV, SME y los SMT varían sus EE en función de su intensificación. Tienen en general un uso menor de subsidios destinados a la fertilización de cultivos, que podría estar asociado al efecto de las rotaciones agrícolas-ganaderas y en el caso del SME se utiliza el reciclado de estiércoles. La energía utilizada en labores aumenta con la elaboración de reservas y suministro de alimentos. A los SMT, se les agrega un incremento de EE, por ingreso de suplementos alimenticios.

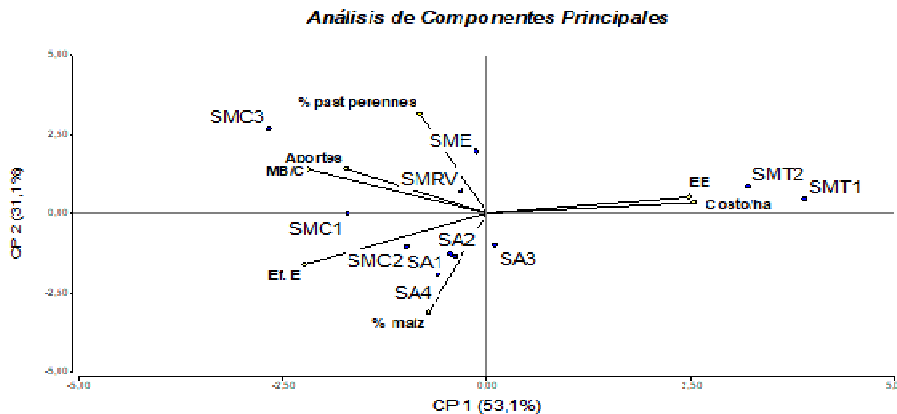
En SA la SE depende de los rendimientos y superficie ocupada por cada especie. Los sistemas con mayor proporción de maíz o sorgo tienen valores más altos de Efic. E. En los SM en términos generales, se produce una caída de la Efic. E. proporcional a la superficie asignada a la ganadería, debido a que la productividad energética de los bovinos es menor a la de los vegetales por la conversión de biomasa vegetal en producto animal. En el caso de los SM analizados, la eficiencia tiene una variabilidad importante. Los SMC con base pastoril no muestran diferencias con la eficiencia de un sistema agrícola ya que los costos energéticos de esa actividad ganadera son muy bajos, mientras que los SMT son los menos eficientes debido a una alta intensificación ganadera con alto ingreso de insumos para alimentación animal. Resultados similares fueron reportados por Denoia et al. (2008). El SME es semi intensivo, manteniendo una importante fase pastoril y producción propia de la mayoría de reservas y suplementos, lo que reduce el gasto energético comparado con SMT. El SMRV presenta mejor eficiencia por menor utilización de energía en la elaboración de ensilados. Estos resultados son coincidentes con los hallados por Iermanó (2015) donde los sistemas mixtos pastoriles tienen una eficiencia energética similar a los agrícolas y los sistemas ganaderos con mayor intensificación, muestran valores menores a uno.

Los costos económicos tienen un comportamiento similar al costo energético del sistema. En el caso de los SA y SMC el MB tiene relación principalmente con la productividad de los cultivos de cosecha, especialmente el Maíz. Las relaciones MB/C son mayores en los SMC confirmando que la ganadería pastoril tiene un costo proporcionalmente bajo. En los SM más intensificados su resultado económico depende en gran medida de la actividad ganadera, aunque energéticamente no resultó muy eficiente. La relación MB/C en los SMT es muy baja, aunque sus MB son relativamente altos, destacándose el SMT1 con el mayor MB, pero con un elevado costo en la elaboración de reservas alimenticias, así como por la adquisición de insumos ganaderos externos al sistema. El SMC3 con una ganadería de base pastoril y menores costos, tienen las mayores relaciones entre MB/C.

### **Análisis Integral**

En los resultados del análisis de componentes principales (Fig. 1) la CP1 explica un 53% de variabilidad, diferenciando los casos principalmente según la eficiencia energética y la relación MB/C, de aquellos sistemas con altos costos energéticos y económicos que corresponden a los sistemas

intensificados. En el caso de la CP2 las variables más importantes para discriminar los casos, son las relacionadas al uso de la tierra. Ubicando en un cuadrante a los SMC y SA con mayor eficiencia energética y porcentaje de superficie con maíz y en el otro a sistemas con mayores aportes de MO y porcentaje de pasturas perennes.



**Figura 1:** Análisis de Componentes principales de los sistemas estudiados

## Conclusiones

En los SA incorporar mayor proporción de superficie con gramíneas, incrementa los valores de Efic.E., el aporte de MO y el MB. En los SMC, la actividad ganadera de base pastoril, aumenta los aportes de MO, logra mantener alta Efic. E. y MB comparables a SA y mejores relaciones MB/C. La intensificación ganadera (SMT) aumenta el costo energético y económico de la producción, disminuye el aporte de MO y baja considerablemente la Efic. E. y su relación MB/C. En el caso de los SMRV y SME, mantener superficie en pastoreo y disminuir la dependencia de suplementos, mejoran los valores de aportes de MO y Efic.E. y la relación MB/C. Los resultados en los indicadores energéticos, económicos y de aportes de MO, demuestran la importancia de implementar estrategias, que promuevan un uso de suelo diversificado, la integración agrícola-ganadera de base pastoril y el reciclado de estiércoles, como alternativas al modelo de simplificación productiva en sistemas extensivos.

## Referencias bibliográficas

- Denoia, J, Bonel, B.1, Montico, S. y Di Leo, N. (2008) Análisis de la Gestión Energética en Sistemas de Producción Ganaderos Revista FAVE - Ciencias Agrarias 7 (1-2).
- Iermanó, M.J. (2015). Sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana.307 p. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata, 2015. Disponible en:<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46343>.
- Leguia, H.; Pietrarrelli, L.; Re, A.; Fontanini L. (2017). Ciclado de la materia en un sistema agrícola y uno mixto de la zona central de Córdoba, Arg VI Congreso Latinoamericano de Agroecología Brasil

- Ottmann, G.; Renzi, D.; Miretti, A.; Spiaggi, E. (2011) La sustentabilidad del modelo del desarrollo rural en la provincia de Santa Fe. Universidad Nacional de Rosario Editora
- Pereira Dos Santos, H. Tomm, G.Spera S., Avila A. (2007). Efeito de práticas culturais na conversão en no balance energéticos. *Bragantia* V. 66, n.2, p. 299-306
- Sanchez, C. y N. Barberis .(2013).Caracterización del territorio Centro de la provincia de Córdoba. 1ª ed. Manfredi, Córdoba (AR): Ediciones INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. 97 p.