

PRÓLOGO

En los actuales escenarios de cambio climático, crisis económicas y energéticas se ha comenzado a visibilizar y a valorizar la contribución de los sistemas de producción agroecológica a la seguridad alimentaria, tópico de gran interés para organizaciones internacionales como la ONU y la FAO. Los últimos informes internacionales dejaron plasmada la necesidad urgente de adoptar sistemas agrícolas sustentables para alimentar a los nueve mil millones de humanos que habitarán en 2050, y recomiendan especialmente un giro a favor de la agroecología. Este abordaje se presenta como una solución que permitiría incrementar y sostener la producción alimentaria y mejorar la situación de los más pobres. Estos informes, basados en vastas consultas dentro del mundo científico, la sociedad civil y la industria sostienen que, apoyándose en métodos de producción agroecológica, las pequeñas explotaciones podrían duplicar en diez años la producción agrícola mundial en ciertas regiones críticas. Estos sistemas agroecológicos están caracterizados por una notable multiplicidad de especies cultivadas y de animales de cría, mantenida y mejorada por medio de prácticas de gestión de los suelos, del agua y de la biodiversidad, al tiempo que ha sido nutrida por sistemas complejos de conocimientos. Frente a la situación actual, vistas las proyecciones climáticas para el futuro próximo, la agroecología surge entonces como una de las opciones más fuertes para asegurar un desarrollo perdurable y equitativo.

Para llevar a cabo tal objetivo, resulta necesario generar actividades de investigación aplicada, experimentación a campo, estudio de casos, a través del trabajo interdisciplinario. Motivados por esta necesidad surgió el proyecto CIAC-940136 “Fortalecimiento de los ciclos biológicos para reducir el uso de agroquímicos en sistemas extensivos”, enmarcado dentro del Convenio entre INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), AUDEAS (Asociación Universitaria de Educación Superior Agropecuaria) y CONADEV (Consejo Nacional de Decanos de Ciencias Veterinarias).

Parte de los resultados obtenidos en la ejecución de este proyecto son presentados a través de esta publicación. Esta obra plasma el estudio realizado sobre sistemas ganaderos pampeanos agrícolas y mixtos, respecto de su eficiencia en el uso de la energía y su aporte a la conservación de la agrobiodiversidad en agroecosistemas pampeanos. En ella también se recorren temáticas tales como manejo a campo, productividad, márgenes brutos, generación de biomasa, balance de energía, servicios ecosistémicos y evaluación y manejo de la comunidad de malezas, aspectos analizados en el módulo agroecológico de la EEAI Barrow. Se discuten también algunos resultados económicos de modelos de producción agroecológicos y de altos insumos. Por último se presentan trabajos referidos a la diversidad de la vegetación espontánea y de insectos polinizadores en el sur de la provincia de Buenos Aires. Esta obra pretende dar cuenta de los avances logrados en materia de investigación en agroecología en sistemas extensivos, generados en el marco del citado proyecto.

Ing. Agr. Carlos L. Bertucci

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1

Eficiencia en el uso de energía en sistemas agrícolas y mixtos en la región pampeana argentina. Su relación con procesos ecológicos

María José Iermanó y Santiago J. Sarandón 05

CAPÍTULO 2

Aporte de los sistemas ganaderos a la conservación de la agrobiodiversidad en agroecosistemas pampeanos. Importancia del “potencial de regulación biótica”

María José Iermanó, L. Nora Tamagno, Alejandro D. Maggio y Santiago J. Sarandón..... 17

CAPÍTULO 3

Agroecología en cultivos extensivos

Natalia Carrasco, Martín Zamora, Agustín Barbera, Laura De Luca, Leandro Pusineri 34

CAPÍTULO 4

Resultados productivos, económicos y energéticos comparados entre el modelo agroecológico y el dominante

Martín Zamora, Eduardo Cerdá, Natalia Carrasco, Leandro Pusineri, Agustín Barbera, Laura De Luca y Raúl Pérez51

CAPÍTULO 5

Evaluación, análisis espacial y manejo de la comunidad de malezas

Mauricio Castro-Franco, Natalia Carrasco, Marisa Beatriz Domenech, Agustín Barbera, Martín Zamora, José Doeyo y Ramón Gigón 63

CAPÍTULO 6

Resultado económico y costos directos de reposición del nitrógeno en dos cultivos de trigo: agroecológico y de altos insumos

María Soledad Carrasco, Natalia Carrasco y Carmen Corina Cerdá 76

CAPÍTULO 7

Diversidad florística como indicador del estado de conservación de un agroecosistema de las sierras australes bonaerenses

Juan Facundo Daddario, Cecilia N. Pellegrini, María Elena Gil y Ana C. Andrada..... 85

CAPÍTULO 8

Diversidad de polinizadores de *Brassica napus* L. en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Luciano A. Marinozzi, Soledad C. Villamil, Liliana M. Gallez, Liliana B. Iriarte, Natalia Carrasco 99

Autores111

EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGÍA EN SISTEMAS AGRÍCOLAS Y MIXTOS EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA. SU RELACIÓN CON PROCESOS ECOLÓGICOS¹

María José Iermanó
Santiago J. Sarandón

Introducción

La agricultura, de acuerdo a Flores & Sarandón (2014), consiste en la modificación de ecosistemas naturales, llevándolos a etapas muy tempranas de la sucesión ecológica a fin de aumentar la productividad neta de la comunidad. Para ello se requiere incorporar energía, la cual, en su mayoría (alrededor del 85%) proviene de energía fósil y, por lo tanto, no renovable. Particularmente, la agricultura moderna demanda elevadas cantidades de energía fósil, debido al uso de combustibles e insumos derivados del petróleo (Gliessman, 2001; Flores & Sarandón, 2014). En las últimas décadas, se ha observado la necesidad de cantidades cada vez mayores de energía fósil para aumentar el rendimiento, disminuyendo la eficiencia energética de los sistemas (Viglizzo et al., 2011; Sulc & Franzluebbbers, 2014). Esto se debe a la excesiva simplificación de los agroecosistemas (pocos cultivos altamente rentables) lo que debilita los procesos ecológicos que deben ser entonces reemplazados por insumos de alto valor energético. El uso ineficiente de altas cantidades de energía convierte a los sistemas agrícolas en sistemas altamente vulnerables, dependientes de recursos que se agotarán en un futuro relativamente inmediato (Viglizzo et al., 2011; Denoia et al., 2006).

En un contexto mundial de escasez de energía, es necesario buscar alternativas para reducir el uso de la misma (Kythreotou et al., 2012; Sulc & Franzluebbbers, 2014). Es posible mejorar la eficiencia energética de la producción agropecuaria reemplazando los insumos químicos por procesos ecológicos como la regulación biótica o el ciclado de nutrientes (Swift et al., 2004; Iermanó & Sarandón, 2009; Iermanó et al., 2015). La disminución del uso de energía en el agroecosistema podría estar asociada a la adecuada presencia y manejo de la agrobiodiversidad (Gliessman, 2001; Iermanó & Sarandón, 2011; Iermanó, 2015), que está siendo revalorizada

¹ Investigación realizada en el Curso de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata, en el marco de la Tesis Doctoral realizada por María José Iermanó bajo la dirección de Santiago J. Sarandón, financiada por la UNLP. Iermanó, M.J. 2015. *Sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana: eficiencia en el uso de la energía y rol funcional de la agrobiodiversidad*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 307pp. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46343>.

como una de las más importantes estrategias de manejo agroecológico, ya que sus componentes, correctamente escogidos y ensamblados pueden proveer o fortalecer importantes procesos ecológicos (Swift et al., 2004).

En la región pampeana argentina, los sistemas predominantes son agrícolas y ganaderos (puros o mixtos). La agriculturización ocurrida en los últimos 25 años determinó la retracción de los sistemas mixtos familiares (de agricultura y ganadería pastoril), favoreciendo el predominio de sistemas agrícolas empresariales de alto uso de insumos (Aizen et al., 2009; Viglizzo et al., 2011). Este fenómeno estuvo motivado, entre otras razones, por un análisis costo beneficio que deja fuera los costos ambientales (Flores & Sarandón, 2002). La comparación del precio de los granos con el precio de la carne, no tuvo en cuenta los servicios ecológicos que prestaba la ganadería pastoril, con la presencia de esos ambientes ganaderos de alta diversidad.

Denoia et al. (2006) encontraron para sistemas agrícolas modernos de la región pampeana argentina, un aumento en el uso de energía desde 1974 hasta 2004, con una tendencia a la disminución de la eficiencia energética de los cultivos. En estos sistemas se han reportado altos valores de consumo de energía (Denoia et al., 2006; Viglizzo et al., 2011), al igual que en los sistemas de engorde a corral (Kythreotou et al., 2012). Sin embargo, los sistemas de mayor agrobiodiversidad, cómo los sistemas de producción mixtos, tienen potencial para proporcionar servicios ecosistémicos mediante la captura de interacciones ecológicas positivas y la disminución de resultados ambientales negativos (Franzluebbers et al., 2011; Bonaudo et al., 2014; Lemaire et al., 2014).

A pesar del proceso de agriculturización aún persisten los sistemas mixtos familiares que pueden constituir una singularidad en una matriz agrícola. Entender el rol que estos sistemas tienen en el uso eficiente de la energía es importante. Los sistemas mixtos familiares pampeanos, podrían tener un menor consumo de energía que los sistemas puramente agrícolas (Iermanó & Sarandón, 2011), ya que el diseño del sistema favorece la presencia de la biodiversidad funcional y el funcionamiento de los procesos ecológicos (Iermanó et al., 2015).

El objetivo del trabajo fue comparar la eficiencia energética y analizar el consumo de energía total y por rubros en dos tipos de sistemas productivos de la región pampeana argentina: agrícola empresarial y mixto familiar (agricultura y ganadería pastoril).

Metodología

El estudio se llevó a cabo durante el año 2013, en dos tipos de sistemas productivos característicos de la región pampeana: agrícola empresarial y mixto familiar (agricultura y ganadería pastoril). Se visitaron siete establecimientos, cuatro sistemas mixtos familiares y tres sistemas agrícolas empresariales, ubicados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Tabla 1), en una zona principalmente agrícola-ganadera, con el predominio de sistemas mixtos de superficie superior a las 300 ha (Viglizzo et al., 2011).

Tabla 1. Resumen de los ocho establecimientos (casos) estudiados en la región pampeana argentina (MF: mixto familiar; AE: agrícola empresarial).

Productor	Sistema de producción	Tipo	Superficie estudiada (ha)	Partido
MF1	Mixto (invernada)	Familiar	266	San Cayetano
MF2	Mixto (cría y recría)	Familiar	335	Tres Arroyos
MF3	Mixto (ciclo completo)	Familiar	447	San Cayetano
MF4	Mixto (ciclo completo)	Familiar	650	Benito Juárez
AE1	Agrícola	Empresarial	548	Benito Juárez
AE2	Agrícola	Empresarial	242*	San Cayetano
AE3	Agrícola	Empresarial	306*	Tres Arroyos

*La superficie representa una fracción del total de la unidad de producción.

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas (Ander-Egg, 1971) a los productores o encargados del manejo, indagando acerca del funcionamiento del sistema y las estrategias implementadas. Se recolectaron los datos del planteo técnico agrícola y ganadero.

En cada caso se calculó la eficiencia energética total del agroecosistema, como la relación entre la energía que ingresa al sistema en forma de insumos derivados del petróleo, y la energía que sale del mismo como producto (output/input) (Pimentel et al., 1991; Zentner et al., 2011). Valores de eficiencia energética superiores a 1 indican que se obtiene más cantidad de energía que la que fue incorporada en el sistema, siendo más eficiente cuanto mayor sea el valor. Una eficiencia menor a 1, indica que se gasta más energía de la que se está produciendo en el sistema, con lo cual el proceso es energéticamente ineficiente.

Para calcular la eficiencia energética se convirtieron todas las entradas y salidas en unidades equivalentes (Megajoules-MJ) por medio de valores de energía asociada a los distintos insumos, reportados por diferentes autores (Zentner et al., 2011; Alluvione et al., 2011; entre otros). Se calculó el “input” y el “output” de energía parcial para cada parcela del agroecosistema estudiado, de acuerdo al cultivo presente en la misma en el período de estudio. Este período, que abarca desde noviembre de 2012 hasta mayo de 2014, se consideró como representativo del modelo productivo desarrollado en el establecimiento. De cada uno de los cultivos presentes durante el período de estudio se realizaron los cálculos contabilizando las entradas desde barbecho hasta cosecha o utilización. En el caso de las pasturas, las entradas generales (barbecho y/o preparación de la cama de siembra, siembra y mantenimiento post siembra) se prorratearon según la duración de las mismas. También se calcularon las entradas y salidas generales, como por ejemplo ingreso de terneros o egreso de animales para la venta. En el cálculo de las salidas de energía u “ouputs” se consideraron los rendimientos promedio de los últimos tres años. Finalmente, sumando todas las entradas y salidas al agroecosistema, se obtuvo un valor general para el período analizado, que se dividió por la superficie y el período de tiempo para lograr el resultado por hectárea y por año.

La energía invertida se agrupó asociando los insumos a diferentes rubros que se relacionan a procesos ecológicos: implantación del cultivo (insumos utilizados para la preparación de la cama de siembra), regulación biótica (insumos utilizados con la finalidad de eliminar todas las posibles interacciones negativas que disminuyan el rendimiento del cultivo -plagas, malezas y enfermedades-) y ciclado de nutrientes (insumos utilizados para reponer los nutrientes). Se calculó la incidencia de cada proceso ecológico en el total de la energía invertida.

Resultados y discusión

Los valores de eficiencia energética oscilaron entre 7,6 y 12,4 para los siete sistemas estudiados. No se observó una diferencia entre los grupos mixtos familiares (MF: 9,3) y agrícolas empresariales (AE: 9,6) (Figura 1).

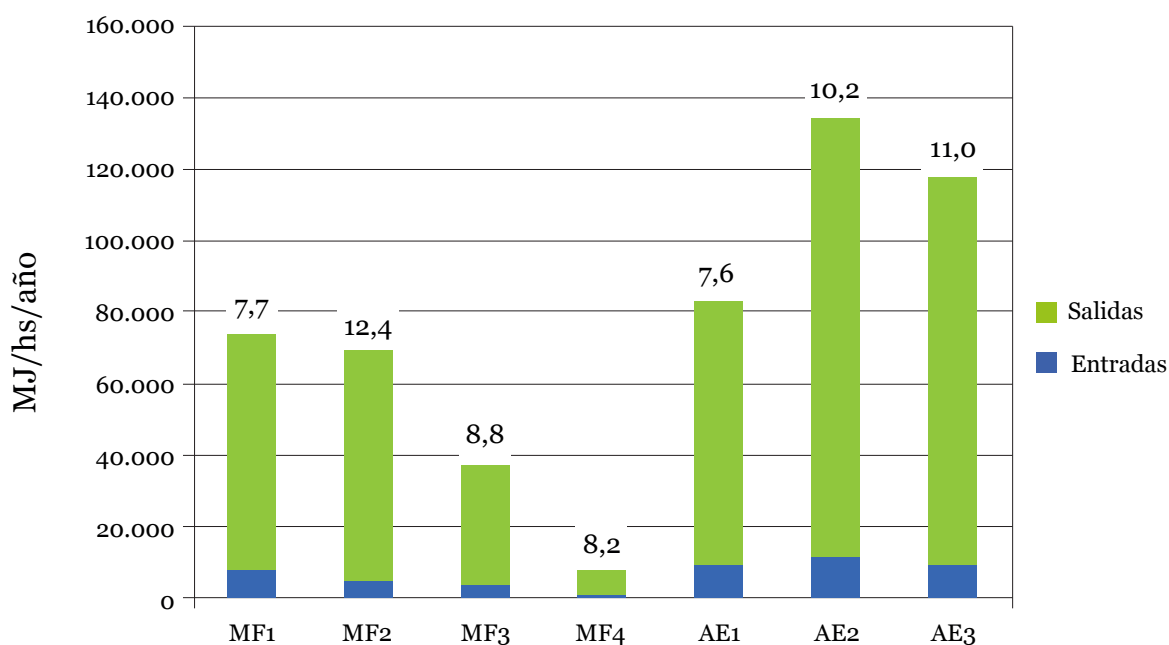


Figura 1. Eficiencia energética, entradas y salidas de energía (MJ/ha/año) de cuatro sistemas mixtos familiares (MF) y tres sistemas agrícolas empresariales (AE), en la región pampeana argentina.

Estos valores de eficiencia energética son elevados y similares a lo reportado por otros autores para sistemas semejantes (Nguyen & Haynes, 1995; Alluvione et al., 2011; Zentner et al., 2011). Para sistemas mixtos diversificados de la cuenca del salado, Argentina, Cieza & Flores (2007) citan un valor de 9,27, mientras que Bustos & Ferraro (2006) reportaron un valor de eficiencia energética en sistemas agrícolas del sudeste bonaerense de 7,82.

En general, la producción de alimentos de origen animal tiene menos eficiencia energética que la producción de origen vegetal (Gliessman, 2001), ya que corresponde a un nivel trófico superior que asimila solamente entre un 5 y 20% de la energía capturada por la vegetación (Flores & Sarandón,

2014). Por lo tanto, la producción de proteína animal demanda mucha más energía que la de origen vegetal (con igual cantidad de energía se obtiene menos producto) (Gliessman, 2001; de Vries & de Boer, 2010; Flores & Sarandón, 2014). En este sentido, los sistemas MF analizados están generando producción primaria y secundaria con iguales valores de eficiencia energética que los sistemas AE que solamente producen granos (primer eslabón en la cadena trófica). Por lo tanto, los sistemas mixtos familiares mostraron una mayor eficiencia energética que los agrícolas puros.

En un análisis de energía en los agroecosistemas es importante, además de la eficiencia de su uso, conocer la cantidad total de energía consumida, ya que esta es un recurso limitante. La demanda de energía fue diferente entre sistemas MF y AE, con valores muy disímiles. Por ejemplo, el sistema MF4 tuvo un valor de eficiencia energética de 8,2 con un bajísimo consumo de energía (825,1 MJ/ha/año), mientras que el sistema AE2 tuvo un mejor valor de eficiencia energética (10,1) pero a expensas de un elevado consumo energético (11.931,4 MJ/ha/año).

En general, todos los sistemas MF tuvieron menor demanda de energía que los sistemas AE, pero las salidas de energía fueron superiores en los sistemas AE que en los MF, debido a la producción de carne. La diferencia de energía de salida depende también de la superficie sembrada con cultivos anuales durante el período de estudio, ya que en los sistemas AE en general se realiza doble cultivo en toda la superficie del agroecosistema. Por lo tanto, si el total de energía obtenida en los agroecosistemas en concepto de cultivos anuales se refiere a la superficie sembrada con cultivos anuales durante el período de estudio –sumando la superficie sembrada en cada campaña del período considerado-, en lugar de la superficie total del agroecosistema -que en el caso de los sistemas MF sería la suma de los cultivos anuales, forrajes anuales, forrajes perennes y pastizales-, encontramos que la diferencia entre categorías de análisis se achica considerablemente (Tabla 2).

Las salidas de energía de los sistemas MF fueron variables. Los sistemas MF3, MF4 y AE1 se encuentran en una zona más restrictiva en cuanto a productividad, principalmente debido a las limitantes edáficas (Mosciaro & Dimuro, 2009), lo que se refleja en la menor producción de estos sistemas, independientemente de la categoría de análisis. El sistema MF2 tuvo salidas similares al sistema MF1 pero menores ingresos debido al bajo uso de fertilizante, lo que resultó en un elevado valor de eficiencia energética. Los casos MF3 y MF4 tuvieron las salidas más bajas de todos los casos analizados. En ambos sistemas, las limitantes edáficas (Mosciaro & Dimuro, 2009) determinan la presencia de un gran porcentaje de la superficie con pastizal (17% y 53% respectivamente), por lo que, al dividir la producción anual de energía del sistema por la superficie bajo producción (implantada y pastizal), disminuye la salida de energía por hectárea. Al comparar las salidas únicamente referidas a los animales, se observa que MF3 y MF4 tienen una productividad similar, y MF2 tiene la productividad más baja (ya que privilegia la producción agrícola). El caso MF1 mostró elevadas salidas de energía en concepto de animales, lo cual se asocia a que se trata de producción de invernada.

Los valores de salidas de cultivos anuales en MF4 se explican porque la superficie sembrada con cultivos anuales es baja en relación al resto de los casos. Además, el objetivo del productor no es maximizar la ganancia sino disminuir los costos, por lo que no le interesa tener elevadas producciones físicas, sino compensar los gastos y obtener los ingresos necesarios para vivir tranquilo (Cerdá et al., 2014).

Tabla 2. Salidas de energía (MJ/ha/año) discriminadas en salidas de animales y salidas de granos (cultivos anuales), para cuatro sistemas mixtos familiares (MF) y tres sistemas agrícolas empresariales (AE), en la región pampeana argentina, comparando la energía total (output) en relación a la superficie total del agroecosistema (cultivos anuales, forrajes anuales, forrajes perennes y pastizales) y en relación a la superficie sembrada con cultivos anuales por campaña agrícola durante el período de estudio.

Casos	Salidas de animales/ Superficie del agroecosistema	Salidas de granos/ Superficie del agroecosistema	Salidas totales del agroecosistema	Salidas de granos/ Superficie sembrada con cultivos anuales
	(MJ/ha/año)			
MF1	3.395,3	61.548,9	64.944,2	49.889,2
MF2	791,7	63.059,0	63.850,7	37.415,8
MF3	1.641,2	31.832,1	33.473,4	31.720,3
MF4	1.589,1	5.215,5	6.804,6	34.922,0
Promedio				38.486,8
AE1	0,0	72.825,2	72.825,2	28.862,7
AE2	0,0	121.872,6	121.872,6	55.971,2
AE3	0,0	107.592,8	107.592,8	45.307,2
Promedio				43.380,4

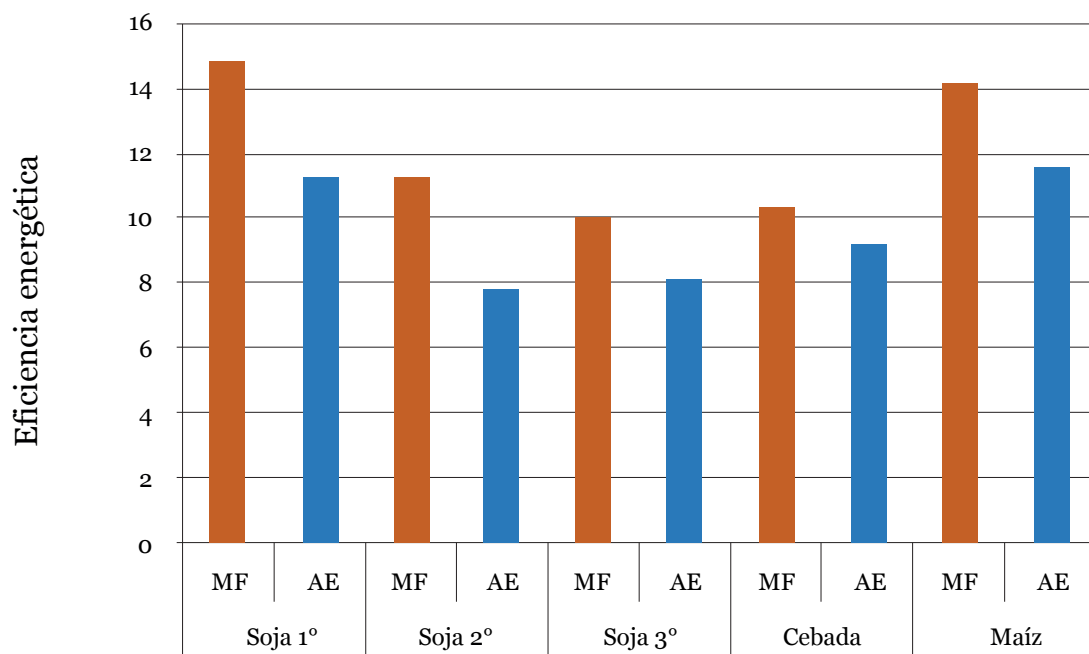


Figura 2. Eficiencia energética promedio de los cultivos agrícolas realizados en cuatro sistemas mixtos familiares (MF) y tres sistemas agrícolas empresariales (AE), en la región pampeana argentina. Fuente: Iermanó & Sarandón, 2015 modificado.

Se encontró también que los cultivos agrícolas tuvieron mayor eficiencia energética en los sistemas MF que en los sistemas AE (Figura 2), lo cual estuvo asociado principalmente a los menores consumos de energía en los sistemas MF (Figura 3) (Iermanó & Sarandón, 2015). Estos resultados coinciden con los reportados por Alluvione et al. (2011) y Zentner et al. (2011) para sistemas mixtos y agrícolas del hemisferio norte. Esto permite afirmar que los sistemas MF son más eficientes que los sistemas AE, ya que la producción agrícola en los sistemas mixtos fue más eficiente que en los sistema puramente agrícolas.

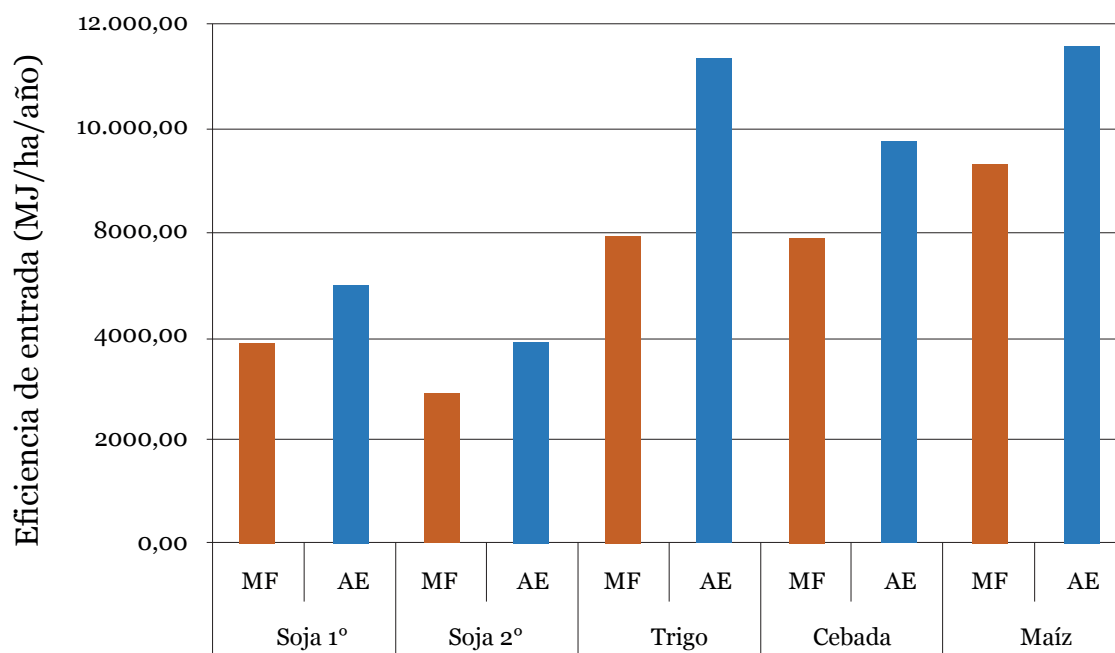


Figura 3. Entradas, consumo o input de energía (MJ/ha/año) promedio de los cultivos agrícolas realizados en cuatro sistemas mixtos familiares (MF) y tres sistemas agrícolas empresariales (AE), en la región pampeana argentina. Fuente: Iermanó & Sarandón, 2015 modificado.

Uno de los desafíos es lograr disminuir el consumo de energía innecesario, para lo cual es importante conocer en que procesos se gastó la energía. Se observaron diferencias entre sistemas MF y AE, en relación al consumo de energía según rubros asociados a procesos ecológicos (Figura 4).

En general, los sistemas AE tuvieron un elevado gasto de energía en la implantación del cultivo debido al uso de semillas compradas, cosa que no ocurre en los sistemas MF dado que, en general, se utilizan semillas propias. En el ciclo de nutrientes, los sistemas AE demandaron más energía que los sistemas MF, lo cual puede asociarse a que estos utilizan pasturas con leguminosas para la fijación de nitrógeno (el nutriente más caro energéticamente), por lo que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en estos sistemas es menor (Bonaudo et al., 2014). Además, en los cultivos agrícolas, el uso de fertilizantes está asociado a mayores rendimientos, mientras que en los sistemas ganaderos la fertilización no siempre se traduce en mayor productividad ya que depende de múltiples factores (Bonaudo et al., 2014). En relación al proceso de regulación biótica, se observa claramente que los sistemas AE utilizaron más energía en este rubro, presentándose los mayores valores en la regulación biótica post siembra. El menor gasto de energía en el proceso de regulación biótica de los sistemas MF puede estar asociado a los valores de agrobiodiversidad presentes en el agroecosistema (Iermanó & Sarandón, 2011;

Zentner et al., 2011; Stupino et al., 2014; Iermanó et al., 2015).

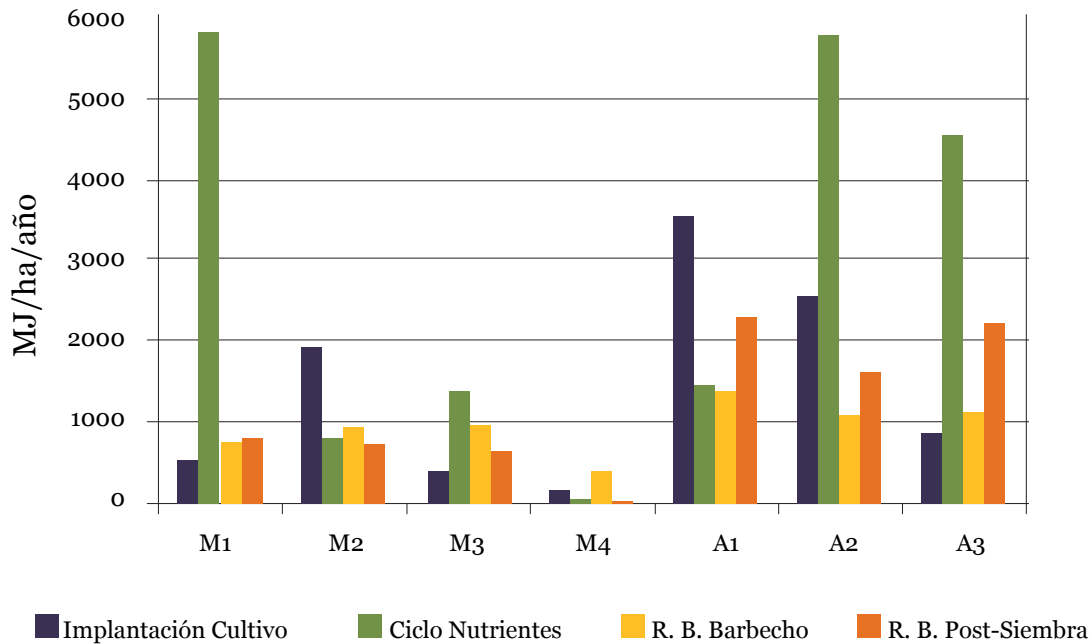


Figura 4. Entradas de energía (MJ/ha/año) según rubros asociados a procesos ecológicos, de cuatro sistemas mixtos familiares (MF) y tres sistemas agrícolas empresariales (AE), en la región pampeana argentina. R. B.: regulación biótica.

Los sistemas MF tienen valores semejantes en implantación del cultivo pero diferentes en el ciclo de nutrientes, lo cual se asocia a los diferentes criterios de fertilización. El mayor gasto fue realizado por el sistema MF1 (5.805,4 MJ/ha/año), que tuvo un nivel de consumo similar al de los sistemas AE. El criterio del productor es mantener la fertilidad del suelo y conservar el campo, para lo cual decide aplicar mucho fertilizante en los cultivos agrícolas. El menor gasto se observó en el sistema MF4, debido a que este productor busca utilizar la menor cantidad posible de fertilizante mineral, privilegiando el uso de leguminosas como estrategia de fijación de nitrógeno atmosférico, el uso de micorrizas para solubilización de fósforo y la incorporación al sistema de expeller de trigo como alimento animal (fertilización orgánica a través del tracto digestivo animal, principalmente como vía de entrada de fósforo). Los gastos energéticos en regulación biótica fueron similares para los sistemas MF, a excepción de MF4 que tuvo valores marcadamente inferiores. En barbecho, el consumo de energía de MF4 fue la mitad del consumo del resto de los sistemas MF (411,2 MJ/ha/año), mientras que en post siembra es prácticamente despreciable (24,8 MJ/ha/año). Esto se asocia a que este productor lleva a cabo un manejo agroecológico, privilegiando las estrategias de diversificación, lo que le ha permitido disminuir gradualmente el uso de agroquímicos (Cerdá et al., 2014). El mayor gasto en barbecho se relaciona con el control mecánico de malezas (junto con la preparación de la cama de siembra). Estos datos avalan la premisa de que los sistemas con mayor diversidad usan menos cantidad de energía para la regulación biótica, coincidiendo con los reportado por Zentner et al. (2011).

Los sistemas AE tuvieron resultados más parejos en todos los rubros, con algunas excepciones, lo que señala que dentro del paquete tecnológico predominante existen pocas variaciones. El

sistema AE3 usa semilla propia, por lo que tuvo bajo uso de energía en la implantación del cultivo en relación al resto de los AE que sí compran semillas. El sistema AE1 realizó un menor gasto en el ciclo de nutrientes. Esto puede estar asociado a que el cultivo principal del sistema es la soja y el criterio del técnico y el productor es no fertilizarla, sino realizar la fertilización solamente en los cultivos de invierno (trigo y cebada). Los valores de ciclo de nutrientes para los sistemas AE2 y AE3 coinciden con lo reportado por Denoia et al. (2008), que encontraron un gasto energético en fertilizantes que ronda los 5000 MJ/ha/año. Los gastos en regulación biótica fueron similares para los tres sistemas AE, concentrándose principalmente en post siembra. En cuanto a las salidas, fueron similares pero AE1 tuvo menores salidas que el resto debido a que los rendimientos promedio de la zona son bajos.

Conclusiones

Los resultados encontrados confirman que los sistemas MF son más eficientes energéticamente que los sistemas AE, ya que tuvieron buenos valores de eficiencia energética con bajos consumos de energía.

Algunos de los rubros analizados (implantación del cultivo, regulación biótica o ciclo de nutrientes) pueden manejarse con un menor uso de insumos, recreando en el agroecosistema los procesos ecológicos a través del manejo de la agrobiodiversidad funcional (Stupino et al., 2014). Los sistemas MF tuvieron bajos consumos energéticos para la regulación biótica, tal vez debido a los mayores valores de agrobiodiversidad que aportan los ambientes pastoriles en relación al funcionamiento del proceso ecológico de regulación de poblaciones nocivas (Iermanó et al., 2015; Iermanó, 2015).

Un productor de un establecimiento mixto familiar pone en juego una lógica diferente, ya que el factor temporal que rige la producción ganadera y la necesidad de generar una oferta forrajera durante todo el año, determina la presencia de una mayor diversidad cultivada (pasturas, verdes, cultivos anuales) y una diversidad asociada (pastizal, vegetación espontánea) (Gross et al., 2011). Los productores necesitan habilidades específicas para entender el manejo de los cultivos, el ganado y la posibilidad de interacciones entre ellos (Bonaudo et al., 2014). El “saber hacer” de los agricultores, constituye un valioso aporte en la generación de modelos de producción más sustentables, localmente adaptados, por lo que su permanencia es crucial para el desarrollo de modelos sustentables de producción (Tamagno et al., 2014; Salembier et al., 2016).

La sustitución de los sistemas MF por sistemas AE, no es deseable para la sustentabilidad de la región pampeana. La disminución de la diversidad de los cultivos y rotaciones debida a la desaparición de los cultivos forrajeros y zonas de pastizales, reduce el logro potencial de los servicios ecosistémicos tradicionalmente ofrecidos por los sistemas agropecuarios diversificados, como la mejora de la estructura del suelo, la infiltración del agua, el ciclo de nutrientes, la diversidad biológica del suelo y el control de las comunidades de malezas, insectos y enfermedades (Franzuebbers et al., 2011; Lemaire et al., 2014).

Teniendo en cuenta que el aporte externo de energía es fundamental para realizar actividades agropecuarias, y que el 85% de la energía es fósil, la mayor eficiencia en el uso de la energía de

los sistemas MF demuestra su aporte a la sustentabilidad. Estos resultados son de utilidad para el diseño de sistemas productivos con menor uso de insumos y mayor uso de la tecnología de procesos, lo cual permite avanzar hacia sistemas productivos extensivos de base agroecológica.

Agradecimientos

A todos los productores que nos compartieron su experiencia y nos abrieron las tranqueras de su campo. A Eduardo Cerdá por vincularnos con los productores y el territorio. A Nora Tamagno y Alejandro Maggio por la participación y asistencia en la tarea de relevamiento de datos. Un especial agradecimiento a Juan y Erna Kiehr, que nos recibieron y alojaron en su casa “La Aurora”, permitiendo que éste estudio sea posible. A la Universidad Nacional de la Plata (UNLP) por financiar esta investigación en el marco del proyecto de Tesis Doctoral “Sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana: eficiencia en el uso de la energía y rol funcional de la agrobiodiversidad”. La misma fue desarrollada en el Curso de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP. Al apoyo y financiamiento recibido en el marco del proyecto INTA-AUDEAS-CONADEV: Fortalecimiento de los ciclos biológicos para reducir el uso de agroquímicos en sistemas extensivos (CIAC-940136).

Referencias bibliográficas

- Aizen M, Garibaldi L & Dondo M. 2009. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Revista Ecología Austral* 19:45-54. Disponible en <http://www.ecologiaaustral.com.ar/index2.php>.
- Alluvione F, Moretti B, Sacco D & Grignani C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy* 36(7), 4468-4481.
- Ander-Egg E. 1971. *Introducción a las técnicas de investigación social*. Editorial Humanitas. 2ª Edición. 335 pp.
- Bonaudo T, Burlamaqui Bendahan A, Sabatier R, Ryschawy J, Bellon S, Leger F, Magda D & Tichit M. 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *European Journal of Agronomy* 57, 43-51.
- Bustos MA & Ferraro DO. 2006. Balance energético y económico para distintas rotaciones de cultivos en la región pampeana [Argentina]. *Libro de resúmenes XXXVII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*. Villa Giardino, Córdoba, p. 50.
- Cerdá EO, Sarandón SJ & Flores CC. 2014. El caso de “La Aurora”: un ejemplo de aplicación del enfoque agroecológico en sistemas extensivos del sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Benito Juárez, Argentina. Capítulo 16, 437-463. En Sarandón SJ & Flores CC (Ed.) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata: EduLP. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>.
- Cieza R & Flores CC. 2007. Sustentabilidad económica y eficiencia energética de las estrategias de diversificación de sistemas productivos de la Cuenca del Salado, Argentina. *Cuadernos de Agroecología* 2(1).
- de Vries M. & de Boer IJM. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science* 128(1-3), 1-11.

- Denoia J, Vilche M, Montico S, Tonel B & Di Leo N. 2006. Análisis descriptivo de la evolución de los modelos tecnológicos difundidos en el distrito Zavalla (Santa Fe) desde una perspectiva energética. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. Año XVII, n°33, 209-226.
- Flores CC & Sarandón SJ. 2002. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 105(1), 52-67.
- Flores CC & Sarandón SJ. 2014. La energía en los agroecosistemas. Capítulo 7, 190-210. En Sarandón SJ & Flores CC. (Ed.) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata: EduLP. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>.
- Franzluebbers A, Lemaire G, de Faccio Carvalho PC, Sulc RM & Dedieu B. 2014. Towards agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems: Environmental outcomes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190, 1-3.
- Gliessman S. 2001. *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable*. Segunda Edición. Río Grande do Sul: Editora da Universidade, 2001. Cap.18: 509-538. Disponible en <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/viewFile/8388/5948>.
- Gross H, Girard N & Magda D. 2011. Analysing theory and use of management tools for sustainable agri-environmental livestock practices: the case of the Pastoral Value in the French Pyrenees Mountains. *Journal of Sustainable Agriculture* 35(5), 550-573. Disponible en http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10440046.2011.579840#.VRSZu_y6RkI
- Iermanó MJ & Sarandón SJ. 2009. Análisis de la demanda de energía en tres cultivos oleaginosos de clima templado, según distintos procesos ecológicos. *Revista Brasileira de Agroecología* 4(2), 1738-1741.
- Iermanó MJ & Sarandón SJ. 2011. Sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril: su importancia para la sustentabilidad de la región pampeana. *VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*, Buenos Aires. 12p. CD Rom.
- Iermanó MJ & Sarandón SJ. 2015. Eficiencia energética de cultivos anuales en dos tipos de agroecosistemas de la región pampeana argentina. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*, La Plata, Argentina. 5p. Disponible en <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/?p=buscar&s=autores>.
- Iermanó MJ, Sarandón SJ, Tamagno LN & Maggio AD. 2015. Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 114(Núm. Esp. 1) Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio, 1-14.
- Iermanó MJ. 2015. *Sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana: eficiencia en el uso de la energía y rol funcional de la agrobiodiversidad*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 307pp. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46343>.
- Kythreotou N, Florides G & Tassou SA. 2012. A proposed methodology for the calculation of direct consumption of fossil fuels and electricity for livestock breeding, and its application to Cyprus. *Energy* 40(1), 226-235.
- Lemaire G, Franzluebbers A, de Faccio Carvalho PC & Dedieu B. 2014. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190, 4-8.