



## **A1-556 Agroecología vs agricultura actual II: demanda de energía, balance y eficiencia energética en cultivos extensivos en el centro sur bonaerense, Argentina**

Martín Zamora<sup>1</sup>, Eduardo Cerdá<sup>2</sup>, Natalia Carrasco<sup>1</sup>, Leandro Pusineri<sup>1</sup>, Laura De Luca<sup>3</sup> y Raúl Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chacra Experimental Integrada de Barrow (convenio INTA-MAA) <sup>2</sup>Asesor privado. Vicepresidente del Centro Graduados Facultad de Cs Agrarias y Forestales. UNLP <sup>3</sup>IPAF Pampeano (INTA).

[zamora.martin@inta.gob.ar](mailto:zamora.martin@inta.gob.ar)

### **Resumen**

El objetivo de este estudio fue comparar la demanda de energía, el balance y la eficiencia energética de dos modelos de sistemas productivos extensivos mixtos. El estudio se desarrolló en dos módulos de cultivos extensivos en la Chacra Experimental de Barrow, uno de producción Agroecológica (AGROE) y el otro con la agricultura predominante en la región (ACTUAL). Se calculó la demanda energética asociada de los diferentes insumos y labores utilizados y la producción de energía obtenida en granos y carne. Se calculó el balance energético la eficiencia energética como la relación entre la energía producida y la demandada. La demanda energética de los cultivos fue menor en el modelo AGROE. Desde el inicio del estudio, el modelo AGROE, tuvo una tendencia a disminuir la demanda energética, principalmente por menor utilización de insumos como fertilizantes industriales y herbicidas, mientras que el modelo ACTUAL mostró tendencia a un aumento constante. La producción de energía del modelo ACTUAL fue superior al AGROE. No obstante, el balance de energía fue similar en ambos modelos. La eficiencia energética global del modelo AGROE fue superior al ACTUAL, básicamente sustentado en la mayor diversificación, el reemplazo de agroquímicos de síntesis industrial de alto costo (fertilizantes y herbicidas), por procesos o funciones ecológicas.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, inputs, outputs.

### **Abstract**

The aim of this experience was to compare the energy demand and energy efficiency of two mixed extensive production systems. In 2011, two modules of field crops at the Experimental farm of Barrow, one of ecological production (AGROE) and the other with mainstream agriculture in the region (ACTUAL) were established. The energy demand of crops was lower in the AGROE. This suggests a lower energy dependence of this model. Since the beginning of the experience, AGROE had a decreasing energy demand trend, mainly due to lower use of inputs such as chemical fertilizers and herbicides, while ACTUAL showed a steady increase in energy demand trend. Energy production of ACTUAL was higher to AGROE. However, the energy balance was similar in both models. The overall energy efficiency of AGROE was higher than in ACTUAL, mainly supported by increased diversification, the replacement of high-cost industrial chemicals by processes or ecological functions.

**Key words:** Sustainability, inputs, outputs.

### **Introducción**

La agroecología es una disciplina científica que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva más ecológica y socioeconómica. La agroecología va más allá de un punto de vista unidimensional de los agroecosistemas y en lugar de centrar su



atención en algún componente particular, enfatiza las interrelaciones entre sus componentes y la dinámica compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1995).

Este enfoque aplicado al desarrollo agrícola es más sensible a las complejidades de la agricultura local, al ampliar los objetivos y criterios agrícolas, para abarcar propiedades de sustentabilidad, seguridad alimentaria, estabilidad biológica, conservación de los recursos y equidad, junto con el objetivo de una mayor producción (Altieri & Nicholls, 2000). Los enfoques agroecológicos son económicamente viables porque minimizan los costos de producción al aumentar la eficiencia del uso de los recursos localmente disponibles.

En un ecosistema natural la principal fuente de energía es el sol. Sin embargo, en los agroecosistemas debemos utilizar, además, energía de otras fuentes para sostener determinados procesos o evitar determinadas interacciones. Esta energía entra al sistema en forma de combustibles, en la energía necesaria para la fabricación de los insumos (plaguicidas, fertilizantes, etc.) o maquinarias (Sarandón, 2014). Es por este motivo que, el modelo agrícola moderno intensivo y altamente productivo, se basa en el uso de elevadas cantidades de insumos derivados del petróleo, en forma de aportes directos de combustibles e indirectos para la producción de agroquímicos, fertilizantes, maquinaria y semillas (Gliessman, 2002). La eficiencia energética, entendida como unidades de energía cosechada por cada unidad de energía suministrada, ha sido analizada en diversos sistemas de producción (Iermanó y Sarandón, 2009).

El objetivo de este trabajo fue comparar la demanda de energía y la eficiencia energética de dos modelos de sistemas productivos extensivos mixtos, uno que utiliza los principios de la agroecología y otro con el modelo predominante actual de altos insumos en el centro sur bonaerense.

### **Materiales y métodos**

*Sitio experimental:* en enero de 2011 se estableció un módulo de 8 hectáreas dentro de un lote de producción de la Chacra Experimental de Barrow, ubicado en el partido de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires, sobre un suelo Paleudol petrocálcico fino, illítico, térmico, con limitaciones en el perfil por presencia de un manto calcáreo que varía entre 0,3 y 0,6 m. El fósforo disponible (Bray-Kurtz N° 1) presentó valor inicial de 8 ppm. El contenido de materia orgánica fue de 4,5 % y el pH 6,3. Climáticamente la zona se clasifica como mesotermal subhúmeda. Presenta un régimen hídrico con disminución de las precipitaciones desde el este al oeste. El promedio histórico de lluvias alcanza los 750 milímetros. Desde el régimen térmico, el partido de Tres Arroyos puede ser caracterizado como un ambiente templado con un período libre de heladas de 172 días.

Sobre dicho módulo (módulo 1 o AGROE) se planificó un manejo agroecológico de cultivos extensivos mixtos, teniendo como ejes centrales los principios de la agroecología, entre ellos, el balance y ciclado de nutrientes, aumento de biodiversidad, utilización de cultivos de cobertura y el manejo integrado de plagas con el objetivo de disminuir progresivamente el uso de plaguicidas. El resto del lote fue considerado como segundo módulo (módulo 2 o ACTUAL) que cuenta con el manejo agrícola mixto predominante o actual de la zona, con un uso intensivo de insumos (fertilizantes y plaguicidas). En la Tabla 1 se indican las rotaciones y secuencia realizadas en cada uno de los módulos.

**TABLA 1.** Rotaciones y secuencias de cultivo en cada módulo.

Módulos	Secuencias de cultivo y Fechas de siembra de cada cultivo						
	01/07/10	01/02/11	01/10/11	01/07/12	01/02/13	01/10/13	01/07/14
AGROE	Trigo candeal	Avena vicia	Sorgo-soja	Trigo multivarietal + Trebol rojo	Avena vicia o pastoreo trebol	Sorgo granífero	Trigo multivarietal
ACTUAL	Trigo candeal	Verdeo de avena	Soja 1ra	Trigo	Soja 2da	Soja 1ra	Trigo

*Manejo de los cultivos:* para el manejo de los cultivos en el módulo ACTUAL, se estableció un modelo productivo frecuente en la zona y para el módulo AGROE son utilizados principios de la agroecología, consensuados a través del accionar de un equipo interdisciplinario, a través de reuniones periódicas y determinando los manejos más adecuados. El sistema de labranza utilizado es de siembra directa pero evaluando y utilizando labranzas en caso de ser necesario. Un mayor detalle del manejo aplicado a cada módulo puede observarse Zamora et al., (2015).

Se calculó la demanda energética en base a la energía asociada de los diferentes insumos (semillas, plaguicidas, fertilizantes, labores, etc.), la producción de energía en base a los rendimientos de los cultivos y la producción de carne, el balance energético como las diferencias entre las entradas y las salidas, y la eficiencia energética como la relación entre la energía producida y la demandada. Las entradas y salidas se convirtieron en unidades equivalentes = MJ (Megajoules), según diferentes citas bibliográficas (Flores & Sarandón, 2014; Hernánz et al., 1995).

### Resultados y discusión

- *Energía demandada:* en la Tabla 2 se muestran los resultados del cálculo de la energía asociada al proceso productivo, para cada uno de los cultivos de la secuencia, en ambos modelos productivos. Todos los cultivos del modelo AGROE demandaron menor energía que los del ACTUAL. Luego de 6 cultivos, la energía demandada por el sistema ACTUAL fue un 150% superior al AGROE.

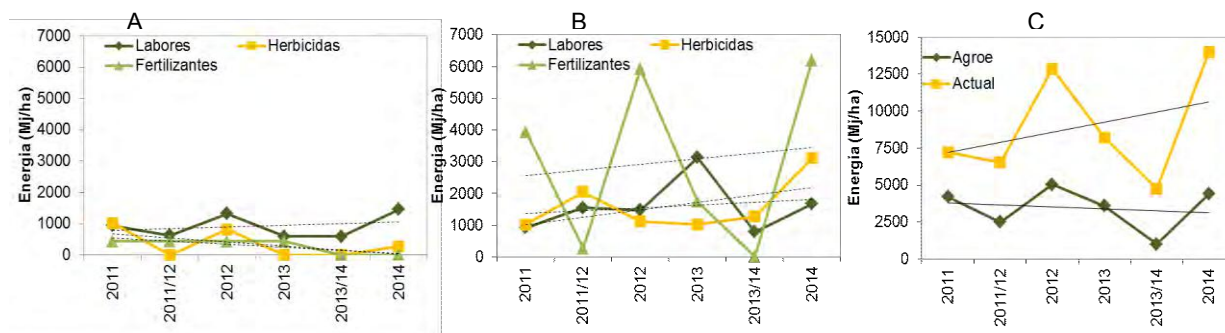
**TABLA 2.** Cultivos, producto y rendimiento, según secuencia y modelo productivo.

Año/campaña	Cultivo	AGROE		ACTUAL	
		Cultivo	Demanda de Energía (Mj/ha)	Cultivo	Demanda de Energía (Mj/ha)
2011	Av Vi		4196	Av Vi	7207
2011/12	Sg-sj		2496	Sj	6537
2012	Tr		5046	Tr	12863
2013	Av vi		3601	Av vi	8205
2013/14	Sg		1013	Sj	4746
2014	Tr		4392	Tr	13971
Total			20744		53529

Referencias Av vi: avena vicia, Sg: sorgo, Sj: soja, Tr: trigo.

Cuando se analizaron los principales insumos, se observó que las demandas energéticas de los fertilizantes y herbicidas de los cultivos del modelo AGROE disminuyeron con el tiempo, mientras que para el modelo ACTUAL, tendieron al crecimiento. En ambos modelos se mantuvo estable la energía demandada por las labores, sin embargo en todos los cultivos, el ACTUAL mantuvo siempre una demanda mayor (Fig. 1A y 1B). Salvo en aquellas situaciones en que el cultivo fue soja, el modelo ACTUAL superó en 10 veces la energía

insumida en fertilizantes. El modelo AGROE evolucionó hacia una menor demanda total de energía, mientras que el ACTUAL la tendencia fue a un crecimiento (Fig. 1C).



**FIGURA 1.** Evolución de la demanda de energía, según los principales insumos, para el modelo AGROE (A), el modelo ACTUAL (B) y demanda total (C). En líneas punteadas se muestran las tendencias.

Para toda la secuencia, o sea 6 cultivos, la demanda energética en labores fue un 72% mayor en el modelo ACTUAL, un 372% mayor en la energía demandada por herbicidas y 10 veces mayor la utilizada por fertilizantes, que el modelo AGROE (Tabla 3).

**TABLA 3.** Energía demandada total (Mj/ha) en labores, herbicidas y fertilizantes según modelo productivo, para los 6 cultivos de la rotación.

	AGROE	ACTUAL
Labores	5541	9547
Herbicidas	2122	9597
Fertilizantes	1754	18051

- *Balance energético:* el balance energético total mostró valores similares para los dos modelos productivos evaluados (Tabla 4). El modelo ACTUAL presentó mayores valores de energía producida, generalmente asociada a la mayor proporción de producción de granos, mientras que el modelo AGROE, la producción fue más equitativa entre producción de granos y carne. Siempre los cultivos forrajeros presentaron balances energéticos cercanos a cero, incluso levemente negativos.

**TABLA 4.** Balance de energía (Mj/ha) para cada uno de los cultivos y para cada uno de los modelos productivos evaluados.

Año	AGROE			ACTUAL		
	E producida	E demandada	Balance	E producida	E demandada	Balance
2011	1573	4196	-2623	1070	7207	-6137
2011/12	1744	2496	-752	40200	6537	33663
2012	54259	5046	49213	67356	12863	54493
2013	3264	3601	-337	4997	8205	-3208
2013/14	1006	1013	-8	0*	4746	-4746
2014	71098	4392	66706	71098	13971	57127
<b>Total</b>	<b>132943</b>	<b>20744</b>	<b>112199</b>	<b>184721</b>	<b>53529</b>	<b>131192</b>

\* Cultivo de soja que no prosperó por falta de lluvias

- *Eficiencia energética:* la eficiencia energética global del modelo AGROE resultó ser superior al del modelo ACTUAL (Tabla 5). Los valores de eficiencia energética logrados en



el ACTUAL son similares a los informados por Hernánz et al. (1995). En cambio, en el modelo AGROE, se alcanzaron mayores eficiencias debidas principalmente a la mayor utilización de tecnologías de procesos, mayor diversificación productiva, el reemplazo de ciertos insumos como los fertilizantes nitrogenados por funciones ecológicas tal como la fijación biológica de nitrógeno.

**TABLA 5.** Eficiencia energética por cultivo y global, para los dos modelos evaluados.

Año	Cultivo	AGROE	ACTUAL
2011	Av Vi	0,37	0,15
2011/12	Sg-sj	0,70	6,15
2012	Tr	10,75	5,24
2013	Av vi	0,91	0,61
2013/14	Sg	0,99	0
2014	Tr	16,19	5,09
<b>Global</b>		<b>6,41</b>	<b>3,45</b>

### Conclusiones

De la comparación de los dos modelos, surge como conclusión que la demanda energética de los cultivos fue menor en el modelo AGROE. Esto sugiere una menor dependencia energética de este modelo.

Desde el inicio del estudio el modelo AGROE, tuvo una tendencia a disminuir la demanda energética, principalmente por menor utilización de insumos como fertilizantes industriales y herbicidas, mientras que el modelo ACTUAL mostró tendencia a un aumento constante en la demanda de energía.

La producción de energía del modelo ACTUAL fue superior al AGROE. No obstante, el balance de energía fue similar en ambos modelos.

La eficiencia energética global del modelo AGROE fue superior al ACTUAL, básicamente sustentado en la mayor diversificación, el reemplazo de agroquímicos de síntesis industrial de alto costo (fertilizantes y herbicidas), por procesos o funciones ecológicas. Por otra parte, el rediseño de los sistemas productivos hacia la utilización de tecnologías de procesos promueve la sustentabilidad ambiental y la menor dependencia energética.

### Referencias bibliográficas

- Altieri MA & CI Nicholls. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Primera edición. Serie de textos básicos para la formación ambiental. PNUMA. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F. México. 250 pp.
- Carrasco, N., Zamora, M., Cerda, E., Pusineri, L., Barbera, A., De Luca, L. y Perez, R. 2015. Agroecología en Cultivos Extensivos en el Centro Sur Bonaerense. Manejo a campo y servicios ecosistémicos. En: Actas V Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata (en prensa).
- Gliessman, SR. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable. Editora da Universidade. 380 pp.
- Hernánz JL, VS Girón & C Cerisola (1995) Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Res.* 35:183-198.
- Iermanó, M.J. & Sarandón, S. 2009. Análisis de la demanda de energía en 3 cultivos oelaginososde clima templado, según distintos procesos ecológicos. *Rev. Bras. Agroecología* 4: 1738-1741.
- Sarandón, Santiago. 2014. El Agroecosistema: un sistema modificado. En: *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de los agroecosistemas sustentables* (eds Santiago Sarandón y Claudia Flores). Capítulo 4. Editorial Universidad de La Plata. Pp 100-130.
- Sarandón SJ & CC Flores. 2014. La energía en los agroecosistemas. En: *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de los agroecosistemas sustentables* (eds Santiago Sarandón y Clau Vandermeer, J. 1995. *The Ecological Basis of Agriculture Alternative. An. Rev.Ecol.Syst.*, 26:201-224.
- Zamora, M., Cerda, E., Carrasco, N., Pusineri, L., Barbera, A., De Luca, L. y Perez, R. 2015. Agroecología en Agroecología vs agricultura actual I: producción, costos directos y márgenes comparados en cultivos extensivos en el centro sur bonaerense, Argentina. En: Actas V Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata (en prensa).