



SUBEJE N°2.4

Título del Subeje: Alternativas productivas sustentables y soberanía tecnológica

ESCRITO MODALIDAD TRABAJO CIENTÍFICO

REQUERIMIENTO, BALANCE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DOS SISTEMAS PRODUCTIVOS A GRAN ESCALA: INDUSTRIAL Y AGROECOLÓGICO

Martín Zamora¹, Agustín Barbera¹, Natalia Carrasco¹, Adrián Regalía¹, Micaela Malaspina¹, Paula Taraborelli^{1,2}, Alejandra López¹, Soledad González Ferrín¹, Andrea Scavone^{1,2}

¹Chacra Experimental Integrada de Barrow (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- Ministerio de Desarrollo Agrario). CC 50 CP 7500 Tres Arroyos, Argentina. ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas- zamora.martin@inta.gob.ar

RESUMEN

El objetivo de esta experiencia fue comparar el requerimiento, balance y eficiencia energética de dos sistemas productivos extensivos mixtos, uno que utiliza los principios de la agroecología y otro con el modelo predominante actual de altos insumos el centro sur bonaerense. Se calculó el balance energético como las diferencias entre las entradas y las salidas de energía del sistema, y la eficiencia energética como la relación entre la energía producida y la demandada. De la comparación de los dos modelos surge que la demanda energética de los cultivos fue menor en el modelo agroecológico, siendo menos dependiente energéticamente desde el comienzo de la transición, principalmente por menor utilización de insumos como fertilizantes industriales y herbicidas, mientras que el modelo industrial mostró tendencia a un aumento constante en la demanda. La producción de energía del modelo industrial fue superior al agroecológico, mientras que en el balance de energía, estas diferencias fueron menores. La eficiencia energética global del modelo agroecológico fue superior al industrial, básicamente sustentado en la mayor diversificación, el reemplazo de agroquímicos de síntesis industrial de alto costo por procesos o funciones ecológicas.

PALABRAS CLAVES

Dependencia energética, demanda energética, eficiencia de uso de los recursos

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).

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 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, 2001). La eficiencia energética, entendida como unidades de energía cosechada por cada unidad de energía suministrada, ha sido analizada en sistemas de producción (Ozkan et al., 2003). En la Chacra Experimental Integrada de Barrow (MDA-INTA) se lleva adelante desde 2010 una experiencia de aplicación de los principios agroecológicos en un módulo productivo de cultivos extensivos y ganadería integrada, comparada con una agricultura industrial actual, que utiliza la siembra directa y las buenas prácticas agrícolas. El objetivo de esta experiencia fue comparar el requerimiento, balance y eficiencia energética de dos sistemas productivos extensivos mixtos, uno que utiliza los principios de la agroecología y otro con el modelo predominante actual de altos insumos el centro sur bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

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 se determinó 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 y Sarandón, 2014; Hernánz et al., 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Energía demandada: en la tabla 1 se muestra 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 13 cultivos, la energía demandada por hectárea cultivada en el sistema ACTUAL fue 246% superior a la energía demandada por el modelo AGROE.

Tabla 1. Balance de energía (Balan) (MJ/ha) calculada en base a energía demandada (E dem) y energía producida (E prod) para cada cultivo del modelo AGROE y ACTUAL

Año	Cultivo	AGROE			ACTUAL			
		E prod	E dem	Balan	Cultivo	E prod	E dem	Balan
2011	Av+vi	1573	4196	-2623	Av	1070	7207	-6137
2011/12	Sg+sj	1744	2496	-752	Sj	40200	6537	33663
2012	Tr+TR	54259	5046	49213	Tr	67356	12863	54493
2013	Av+vi	3264	3601	-337	Av	4997	8205	-3208
2013/14	Sg/Mz+vi	1006	1013	-8	Sj	0*	4746	-4746
2014	Tr+TR	71098	4392	66706	Tr	71098	13971	57127
2015	Av+vi	3264	2357	906	Av	2429	6218	-3789
2015/16	Sg/Mz+vi	1840	1225	615	Sj	67000	7036	59964
2016	Tr+TR	44904	3571	41333	Tr	37420	15535	21885
2017	Av+vi	33678	1791	31887	Av	1926	5750	-3824
2017/18	Av+vi	4494	1579	2915	Sj	20100	7609	12491
2018	Sg+sj	2033	980	1053	Tr	74896	15873	59024
2019	Tr+TR	49394	3591	45804	Tr	65298	17800	47498



Total	272551	35838	236712	453790	129351	324439
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Referencias: Av: avena, Vi: vicia, Sg: sorgo, Sj: soja; Tr: trigo, Mz: maíz, TR: trébol rojo * Cultivo de soja que no prosperó por falta de lluvias

En ambos modelos se mantuvo estable la energía demandada por las labores, sin embargo la demanda energética del modelo ACTUAL siempre fue superior (Fig. 1A y 1B). AGROE mostró una tendencia hacia una menor demanda total de energía, mientras que en el ACTUAL, la tendencia fue a un crecimiento (Fig. 1C).

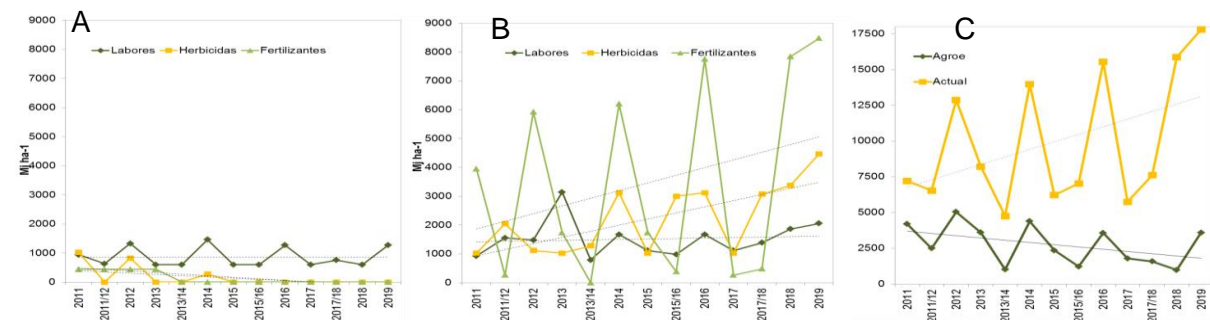


Figura 1. Evolución de demanda de energía, para el modelo AGROE (A), el modelo ACTUAL (B) y demanda total (C). En líneas punteadas se muestran las tendencias.

- Balance energético: el modelo ACTUAL presentó mayor 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. El balance energético del modelo ACTUAL fue 37 % superior al del modelo AGROE, aunque estos valores superiores eran esperables, ya que si bien ambos sistemas son agrícola ganaderos, el ACTUAL tuvo mayor proporción de cultivos de grano que el AGROE.

Tabla 3. Eficiencia energética por cultivo y global, para los dos modelos evaluados.

Año	2011	2011/12	2012	2013	2013/14	2014	2015
AGROE	0,37	0,7	10,75	0,91	0,99	16,19	1,38
ACTUAL	0,15	6,15	5,24	0,61	0	5,09	0,39
	2015/16	2016	2017	2017/18	2018	2019	Total
AGROE	1,5	12,58	18,8	2,85	2,07	13,76	7,6
ACTUAL	9,52	2,41	0,33	2,64	4,72	3,67	3,51

- Eficiencia energética: la eficiencia energética global del modelo AGROE resultó ser superior a la del modelo ACTUAL (Tabla 3). Los valores de eficiencia energética logrados en el ACTUAL son similares a los informados por Hernández 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 y disminución progresiva del uso de plaguicidas.

APORTES PARA EL CONSENSO

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 de la experiencia, 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. La producción de energía del modelo ACTUAL fue superior al AGROE, mientras que en el balance de energía, estas diferencias no fueron tan marcadas. 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. Es por esto que el rediseño de los sistemas productivos hacia la utilización de tecnologías de procesos promovió la menor dependencia energética y, por tanto, la sustentabilidad ambiental..

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri MA y 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., Cerdá, 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, Argentina, 7-9 de octubre.
- Gliessman, SR. (2002). Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable. Editora da Universidade. 380 pp.
- Hernández 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.
- Ozkan, Kurklu & Akcaoz (2003). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass & Bioenergy 98: 89-95.
- Sarandón, S. (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 y 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 Claudia Flores). Capítulo 7. Editorial Universidad de La Plata. Pp 190-210.