RECURSOS EMBEBIDOS EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE CORDERO: UN ANÁLISIS DE EMERGÍA EN SISTEMAS MIXTOS OVINO-CULTIVOS MEDITERRÁNEOS

Rodríguez-Ortega T.[13], Bernués A.[13], Olaizola A.M.[23] y Brown M.T.[4]
[1]Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España. [2]Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza, C/ Miguel Servet 177- 50013 Zaragoza, España. [3]Instituto Agroalimentario de Aragón– IA2 - (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, España. [4]Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA. trodriguezo@cita-aragon.es

INTRODUCCIÓN

La agricultura es la principal actividad por la cual la sociedad canaliza los flujos de energía renovable en productos que sostienen el bienestar humano (Rydberg and Haden, 2006). En particular, los sistemas ganaderos basados en el pastoreo tienen la habilidad de convertir amplias áreas de recursos naturales renovables y de libre disposición (y, por tanto, grandes cantidades de energía renovable) en alimentos animales sin competir con usos alternativos como la alimentación humana (Wilkinson, 2011). Sin embargo, la intensificación de la agricultura, incluyendo la producción animal, ha resultado en un incremento del consumo de energía no renovable con insumos como fertilizantes, pesticidas, mecanización, irrigación, etc., todos ellos dependientes de las energías fósiles (Pimentel, 2009). Es decir, la actividad agraria ha cambiado el papel central de la energía solar hacia fuentes de mayor calidad (energía más concentrada) pero no renovables. Sin embargo, las decrecientes reservas de petróleo, los impactos ambientales de su consumo y la búsqueda de actividades más sostenibles, hacen que la asignación de recursos energéticos sea una tarea central en agricultura, donde múltiples fuentes de materiales y energía pueden ser usados bajo diferentes sistemas de producción. En este contexto, nuestro objetivo fue cuantificar la contribución de los recursos naturales a la sostenibilidad de varios sistemas de producción mixtos ovino-cultivos, y de sus productos, en particular la carne de cordero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un análisis de emergía (Odum, 1996) en tres explotaciones mixtas de ovino-cultivos Mediterráneos en el noreste español (Aragón) con diferentes grados de especialización, integración e intensificación de la producción. La emergía es la energía directa e indirecta embebida en un producto o servicio que es calculada considerando las diferentes calidades de las energías involucradas en el proceso de producción y expresándolas en una única unidad (emergía solar, medida en "sej" –solar emjoules–). La metodología sigue tres pasos: i) dibujar los diagramas de emergía que definen los límites del sistema (explotación) y establecen las relaciones entre componentes y procesos que conducen los flujos de emergía desde la naturaleza y la economía hasta los productos; ii) construir las tablas de emergía (una por cada producto) para organizar los diferentes insumos (alimentación, fertilizante, combustible, equipamiento, trabajo, etc.), sus cantidades y sus valores de emergía unitarios (procedentes de la bibliografía), para así convertirlos a emergía solar; iii) calcular los índices de emergía, que relacionan los flujos de emergía de la naturaleza con aquellos provenientes de la economía y que, en último término, nos proporcionan información sobre la sostenibilidad de los diferentes sistemas de producción y de sus productos y posibilidades de comparación con otras alternativas (Brown *et al.*, 2000). Las explotaciones analizadas se seleccionaron a partir de tipologías previas y se definieron como representativas de los sistemas "especializado en ovino-pastos de montaña" (E.O-PM), "mixto integrado ovino-cultivos permanentes" (MI.O-CP) y "mixto parcialmente integrado ovino-cultivos agrícolas" (MPI.O-CA) de acuerdo a encuestas iniciales (2014) y seguimientos durante un año agrícola (2014-2015), en el que también se recogieron datos de los insumos para el análisis de emergía (más detalles metodológicos y descripción de explotaciones en Rodríguez-Ortega *et al.* (2017)). La Tabla 1 muestra algunas características de los tres sistemas y sus estrategias de alimentación. La alimentación, que conlleva frecuentemente otros insumos como fertilizantes y pesticidas, es el aspecto más importante, tanto en términos económicos como energéticos, en la producción de carne de cordero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La carne de cordero no presentó valores únicos de emergía, sino un rango de valores de acuerdo a los diferentes sistemas de producción. La Figura 1 muestra que los valores de *eficiencia emergética* (emergía necesaria para producir un julio de carne) de los sistemas E.O-PM y MI.O-CP fueron inferiores (requirieron más sej por J de carne) que los del sistema MPI.O-AC debido a que este último mostró una productividad animal más elevada. Sin embargo, la emergía en el sistema E.O-PM se originó en más del 60% de recursos naturales, en su mayoría renovables, debido al predominante uso de pastos semi-naturales. El uso de recursos naturales no llegó al 55% en el sistema MPI.O-AC, de los cuales sólo un 26% fueron renovables, por el mayor uso de superficies agrícolas; mostrando el sistema MI.O-CP valores intermedios. Al analizar otros indicadores (Figura 2), se observó que la *intensificación*, aunque produce más carne de cordero por unidad de emergía empleada, resulta en productos con un mayor *estrés ambiental* y una menor *auto-suficiencia*, contribuyendo a una menor *renovabilidad* y *sostenibilidad*. Así, la producción de carne de cordero fue 1,9 y 1,3 veces más intensiva y eficiente, respectivamente, en el sistema MPI.O-AC que en el basado en el pastoreo (E.O-PM), pero 5,1 veces menos sostenible. Los trade-offs entre intensificación y sostenibilidad, frecuentes en los sistemas productivos (Ripoll-Bosch *et al.*, 2012), plantean un reto a la "intensificación sostenible" de la agricultura. No obstante, la intensificación no siempre implica mayor eficiencia debido a manejos por debajo del óptimo (baja prolificidad del sistema MI.O-CP), lo que sugiere que un mejor manejo en casos particulares podría mantener o incrementar la eficiencia y la sostenibilidad disminuyendo la intensidad. En términos económicos, la producción extensiva puede ser más resiliente a las inestabilidades del mercado, aunque también es más vulnerable a la variabilidad climática, como se observa en la alta *dependencia* del sistema E.O-PM debido a la escasez de pastos durante la lactación. Sin embargo, la emergía ambiental, predominante en la producción extensiva, no se reconoce en el precio de la carne de cordero, tal y como muestra el indicador de *emergía intercambiada*, que relaciona la emergía de la carne con la representada en el dinero pagado por ella al ser comercializada por el ganadero. Como señalan Campbell and Tilley (2014), la emergía ambiental del sector primario no es tan valorada como en otros sectores de la economía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Brown, M.T. et al., 2000. In: Brown, M.T. (Ed.), Proceedings from the First Biennial Emergy Analysis Research Conference, Centre for Environmental Policy, Gainesville, FL, 1999, pp. 1–14. • Campbell, E.T. & Tilley, D.R., 2014. Ecosyst. Serv. 7, 128-140. • Odum, H.T., 1996. John Wiley & Sons, Inc. • Pimentel, D., 2009. Energ. 2, 1-24. • Ripoll-Bosch, R. et al., 2012. Agr. Syst. 105, 46-56. • Rodríguez-Ortega, T. et al., 2017. J. Cleaner Prod. 144, 171-179. • Rydberg, T. & Haden, A.C., 2006. Agric., Ecosyst. Environ. 117, 145-158. • Wilkinson, J.M., 2011. Anim. 5, 1014-1022.

Agradecimientos: Proyecto INIA RTA2011-00133-C02-02, beca pre-doctoral INIA del primer autor y la colaboración de los ganaderos.

Tabla 1. Descripción de las explotaciones analizadas.

	Especializado O-PM	Mixto integrado O-CP	Mixto parcialmente integrado O-CA
Número de ovejas	1150	550	510
Prolificidad (nº corderos/nº partos)	1,37	1,29	1,55
Tiempo de pastoreo total, TPT (% anual)	93	78	25
Vegetación semi-natural (% de TPT)	68.5	2.5	1.2
Cultivos forrajeros (% de TPT)	29.2	86.0	34.0
Rastrojeras (% de TPT)	2.3	11.5	64.8
Cultivos cosechados (kg materia seca)	8922	68738	373592
Alimentación propia (% de integración)	100	100	35
Alimentación externa (t de concentrado)	187	23,9	61,5

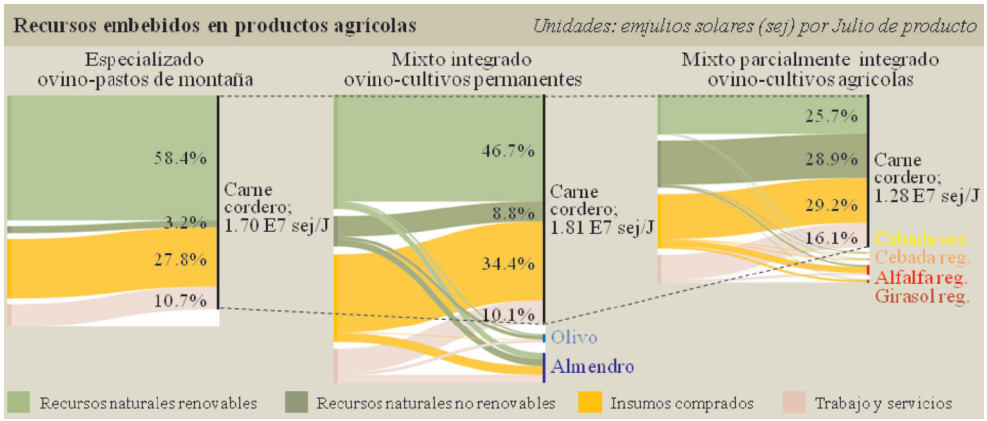


***Figura 1**. Origen de los recursos embebidos en los productos agrícolas.*

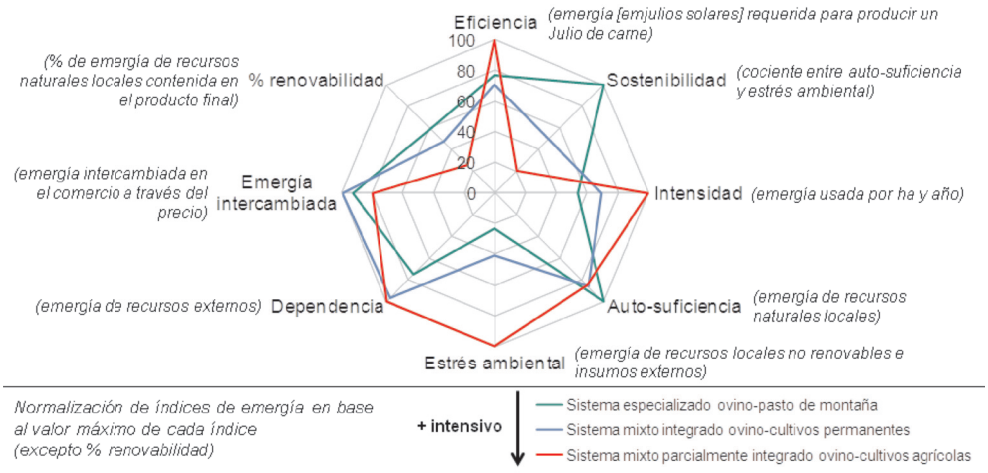


***Figura 2**. Índices de emergía en la producción de carne de cordero.*

RESOURCE EMBODIMENT IN LAMB MEAT PRODUCTION: AN EMERGY ANALYSIS IN MEDITERRANEAN SHEEP-CROP FARMING SYSTEMS

ABSTRACT: The embodiment of resources in agricultural products depends on the way they are made, i.e., the production system. We applied emergy analysis on three contrasting sheep-crop farming systems according to different degrees of specialization, integration and intensification of production in Mediterranean Spain. We studied emergy values and indices of lamb meat production (and other agricultural products not presented here). We found that the different feeding strategies of each system, which are combined with other inputs such as fertilizers and pesticides, have a high impact on meat production indicators. Thus, lamb meat production was 1.9 and 1.3 times more intensive and efficient, respectively, in the partially-integrated mixed system than in the pasture-based sheep system, but 5.1 times less sustainable. Our findings suggest that further support of agricultural development based on local and renewable natural resources and best practices is necessary to ensure long-term farming sustainability and social welfare.

Keywords: farm management, sustainability, intensification, efficiency.