

La Agricultura de Conservación: una revisión a la rentabilidad energética

El análisis energético es un modo de evaluación de las cantidades de energía asociadas a los factores implicados en los procesos de producción de un bien o servicio. Su campo de aplicación es muy amplio y permite buscar estrategias para el uso eficiente de la misma, estando directamente vinculado a la actividad económica y al medioambiente⁽¹⁾. Se analiza aquí su aplicación a la Agricultura de Conservación.

José Luis Hernanz Martos ⁽¹⁾

1.- Fundamentos del análisis energético.

Comenzó a desarrollarse a comienzos de los años 70 a consecuencia de la crisis energética que surgió al elevarse sustancialmente los precios del crudo. Los países dependientes del mismo comenzaron a tomarse en serio la necesidad de desarrollar sistemas de aprovechamiento energético de otras fuentes, concretamente de las llamadas energías renovables, así como de reducir la dependencia del crudo que, por otro lado, es una energía contaminante y no renovable.

Por aquella época los sistemas de laboreo de conservación tomaron auge en las agriculturas de los países industrializados al reducirse los costes de producción, el consumo energético y preservar el suelo contra la erosión.

La metodología que se utiliza en la actualidad para llevar a cabo el análisis energético es la sugerida en 1974 por la Federación Internacional de Institutos para Estudios Avanzados (IFIAS) donde no se establecen diferencias entre calidades de las distintas fuentes de energía como es el caso del método establecido por Odum.

El método IFIAS consta de los siguientes pasos ⁽²⁾:

1. Establecer los límites del proceso objeto de análisis.
2. Identificar los factores involucrados en el proceso.
3. Asignar la energía específica a cada factor.
4. Multiplicar la energía específica por las cantidades requeridas por cada factor.
5. Identificar y cuantificar el producto final. Establecer criterios para asignar el consumo asociado al producto principal y a los subproductos.
6. Relacionar la energía contenida en un producto con la requerida para su obtención o con la producción.

Uno de los inconvenientes de este método es la unificación de criterios para asignar una cantidad de energía a cada factor de producción. La falta de datos que existen al respecto en España obliga a llevar a cabo estimaciones basadas en las obtenidas en otros países cuyas circunstancias tecnológicas difieren de las nuestras.



Otro de los inconvenientes surge del hecho de no tener en cuenta las diferentes calidades de energía, si es o no renovable, contaminante o limpia, etc.

2.- Magnitudes resultantes del análisis energético.

La energía requerida para la obtención de un bien se relaciona con alguna sus características de aprovechamiento mediante diferentes magnitudes ⁽¹⁾:

1. Relación energética (RE) definida como la energía que proporciona el bien conseguido con respecto a la energía requerida para su obtención. Es por lo tanto una magnitud adimensional y se utiliza principalmente cuando dicho bien se destina a la generación de energía. Un ejemplo de ello lo tenemos en la producción de biomasa o biocombustibles.

2. Ganancia Neta de Energía (GNE). Es una variante de la anterior definida como la diferencia entre la energía proporci-

nada por un bien y la requerida para su obtención.

3. Productividad Energética (PE). Es la relación entre la cantidad producida de un bien medida en unidades de masa y la energía requerida para su obtención.

Todas estas magnitudes dependen de cada cultivo, clima, lugar, etc., así como de los diferentes procesos considerados. Sirven principalmente para comparar, desde el punto de vista energético, diferentes formas de producción. En el caso que nos ocupa se realiza el análisis energético con diferentes sistemas de manejo del suelo para la producción de un determinado cultivo.

3.- Energía asociada a los factores de producción.

Por la forma en la que interviene en un proceso productivo debemos considerar dos tipos de energía, la de utilización directa e indirecta.

3.1.-Energía de uso directo.

Es la que procede principalmente de los productos derivados del petróleo. La reacción de combustión de los mismos con el oxígeno del aire libera una cantidad de calor que puede ser utilizada directamente, caso de los secaderos, o transformada en energía mecánica en los motores de combustión interna. Hoy día el combustible más utilizado es el gasóleo, ya que su consumo representa más del 80% del empleado en las explotaciones agrícolas. Asimismo, se pueden aprovechar otros combustibles, tales como metanol, etanol, gases derivados del petróleo y los que proceden del aceite de las plantas oleaginosas (colza y girasol), los cuales están siendo utilizados en los motores Diesel convenientemente modificados. Se considera también energía de uso directo la procedente de las centrales eléctricas que a su vez puede ser de origen térmico, hidráulico o nuclear. Los valores que se dan en la Tabla 1 incluyen el poder calorífico y la energía consumida en producción y transporte ⁽²⁾. En la Tabla

TABLA 1. ENERGÍA ASOCIADA A LOS PRINCIPALES FACTORES DE PRODUCCIÓN

Factor	Energía	Unidad	Factor	Energía	Unidad
Combustibles			Fertilizantes		
Gasolina	42,32	MJ* L ⁻¹	Nitrógeno	76,6	KJ*kg ⁻¹ UF
Gasoil	47,78	„	Fósforo	15,9	„
GLP	32,25	„	Potasio	12,7	„
Gas Natural	49,45	MJ* m ⁻³	Restos de cosecha	1,0	KJ*kg ⁻¹
Electricidad	12,00	MJ*(kW-h) ⁻¹			
Equipos Mecánicos			Semillas		
Tractor	13,05	KJ*kg ⁻¹ *h ⁻¹	Trigo	12,6	KJ*kg ⁻¹
Arado vertedera	82,6	„	Cebada	13,9	„
Chisel	67,5	„	Maíz	100,0	„
Cultivador	60,0	„	Veza	10,0	„
Grada de discos	70,4	„	Girasol	4,0	„
Rastra	60,9	„	Colza	200,0	„
Fresadora	70,5	„	Herbicidas:		
Sembradora chorrillo	81,2	„	MCPA	130,0	KJ*kg ⁻¹ MA
Sembradora chorrillo de SD	110,0	„	Atrazina	190,0	„
Sembradora de precisión	87,0	„	Glifosato	450,0	„
Pulverizador	94,2	„	Paraquat	458,0	„
Abonadora	90,0	„	Fungicidas:		
Cosechadora de cereales	54,0	„	Ferbam	63,8	„
Barra de corte	106,1	„	Maneb	98,7	„
Empacadora	48,4	„	Captan	114,6	„
Picadora de maíz	61,0	„	Insecticidas:		
			Carbofuran	452,0	„
			Metyl parathion	57,8	„

2 se dan los valores medios del consumo de combustible para diferentes equipos mecánicos.

3.2.- Energía de uso indirecto.

La segunda incluye toda la energía requerida para la obtención de todos los factores que intervienen en un proceso productivo. Es, por tanto, la requerida para construir y mantener los equipos mecánicos, infraestructuras y productos fungibles necesarios para la obtención de cada factor de producción. Dentro del tema que nos ocupa consideramos las siguientes:

3.2.1.- Fabricación y mantenimiento de los equipos mecánicos.

Incluye la energía consumida en la producción de las materias primas y en la fabricación de los equipos. Por término medio viene a ser de 87 MJ kg⁻¹ de peso de maquinaria. A esta cantidad hay que añadir un porcentaje relacionado con los materiales utilizados en mantenimiento y reparaciones a lo largo de su vida útil ⁽³⁾. En la Tabla 1 se recogen los valores de la

energía de fabricación y de mantenimiento y reparaciones de los equipos mecánicos más utilizados por unidad de masa y hora de trabajo. La incidencia de este factor en todo el proceso productivo es muy baja, situándose entre el 1% y el 2% de la energía total consumida.

3.2.2.- Fertilizantes.

Los fertilizantes minerales son los factores de producción de mayor demanda energética tanto en su fabricación como en su preparación, envasado y transporte. Entre ellos, destacan los fertilizantes nitrogenados. La producción de amoníaco, a partir del nitrógeno del aire, y de ácido nítrico, exige grandes cantidades de gases licuados del petróleo para reaccionar con el aire a elevadas temperaturas y producir el calor necesario para llevar a cabo tales reacciones. Las estimaciones existentes en la literatura científica presentan una gran variabilidad aunque la mayor parte de las citas hacen referencia a los valores medios propuestos por Mudahar y Hignett ⁽⁴⁾, ver Tabla 1. Las necesidades energéticas del fósforo se establecen a partir de la

TABLA 2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE REQUERIDO POR DIFERENTES EQUIPOS MECÁNICOS (7,8,9 Y 10).

Equipo	Consumo L/ha	Equipo	Consumo L/ha
Laboreo:	Siembra:		
Arado de vertedera	25 ± 7	Sembradora chorrillo (C)	5 ± 0,5
Chisel brazo curvado	10 ± 2	Sembradora pratenses (SD)	6 ± 1
Descompactador	16 ± 7	Sembradora chorrillo de discos (SD)	8 ± 2
Grada de discos media	7 ± 2	Sembradora chorrillo de rejas (SD)	10 ± 2
Cultivador ligero	8 ± 1	Sembradora monograno (C)	5 ± 1
Vibrocultivador	6 ± 1	Sembradora monograno (SD)	6,5 ± 1
Rastra de púas	5 ± 2	Sembradora monograno en caballones (SD)	7 ± 1,5
Rastra rodante	4 ± 1	Recolección:	
Binadora	5 ± 1	Cosechadora de granos y semillas	18 ± 2
Rodillo	4 ± 1	Barra de corte	4 ± 0,5
Fresadora	20 ± 4	Segadora rotativa	5,5 ± 0,5
Equipos Combinados:		Segadora acondicionadora	6 ± 1
Laboreo primario, secundario y siembra	24 ± 6	Rastrillo hilerador	3 ± 1
Laboreo secundario y siembra	18 ± 3	Empacadora	6 ± 1
Laboreo en franjas y siembra	10 ± 2	Segadora picadora cargadora (Heno)	25 ± 5
Fertilización:		Recogedora picadora cargadora (Maíz)	45 ± 5
Abonadora centrífuga	2 ± 0,5	Cosechadora de remolacha	60 ± 10
Abonadora localizadora	4 ± 1	Posrecolección:	
Distribuidor de estiércol	7 ± 2	Picadora de residuos (Sobre Cordones)	6 ± 2
Tratamientos Fitosanitarios:			
Pulverizador suspendido	1.5 ± 0,5		
Pulverizador arrastrado	3 ± 0,5		

Gama Fastliner
suspendidas y arrastradas

reacción de los fosfatos con ácido sulfúrico para obtener ácido fosfórico. El potasio se obtiene de sales potásicas (cloruro potásico) que se encuentran en numerosos lugares en estado casi puro y, generalmente, a pocos metros de profundidad. Tanto el fósforo como el potasio requieren entre cuatro y cinco veces menos energía que el nitrógeno.

3.2.3.- Semillas.

La energía consumida en la obtención de semillas incluye su producción, selección, limpieza, tratamientos y, en su caso, pildorado, almacenamiento, ensacado y transporte. Obviamente, la energía asociada a este factor difiere si es adquirida a una empresa productora o si es obtenida en la propia explotación. Los valores que aparecen en la Tabla 1 son los propuestos por Heichel ⁽⁵⁾.

3.2.4. Fitosanitarios.

La energía asociada a los productos fitosanitarios es la mayor de la de todos los factores de producción. No obstante, las cantidades utilizadas son tan pequeñas que en términos absolutos la energía imputable a este concepto apenas incide, en la mayoría de los casos, en un 3% de la energía total consumida. Al igual que en los factores anteriores, en dicha energía hay que incluir los procesos de formulación (aceite miscible, granulación, etc.), envasado y transporte. Los valores de la Tabla 1 se han obtenido de Green ⁽⁶⁾.

3.2.5. Riego.

La energía consumida en el riego depende del sistema utilizado, las necesidades hídricas de cada cultivo, altura manométrica y los rendimientos del sistema de impulsión (bomba y motor). En su estimación hay que tener en cuenta los materiales y la infraestructura de la instalación, así como los consumos de energía eléctrica o de combustible, según sea el grupo de bombeo empleado. El consumo energético varía en un amplio intervalo entre 3 y 65 GJ/ha ⁽¹⁾. La productividad energética de un cultivo de secano se reduce considerablemente cuando se hace necesaria la aplicación del riego.

4.- Energía consumida y productividad energética en diferentes sistemas de laboreo.

En este apartado se dan los valores medios estimados de la energía consumida a partir de los factores de producción que intervienen desde la preparación del terreno hasta la recolección. No se han considerado operaciones de transporte y de postrecolección.

Los valores medios de la energía consumida y de la productividad energética correspondientes a diferentes sistemas de laboreo en distintos países y lugares de España están recogidos, respectivamente, en la Tablas 3 y 4. En todos los casos, los sistemas de laboreo de conservación requieren una menor cantidad de energía que el laboreo convencional, siendo, en este último, el mayor consumo de combustible en la preparación del terreno el responsable de esta diferencia. A igualdad



VIVE CADA DÍA
LA DIFERENCIA
KUHN



REDUCCIÓN DE COSTES

- Polivalencia: siembra en suelo labrado, rastrojado o siembra directa.
- Velocidad y autonomía para una alta capacidad de trabajo.



Discos sembradores sobre paralelogramo: siembra de profundidad homogénea.



Discos de dentado acanalado marcado. Exclusiva KUHN.



www.kuhn.es



175

Years of Excellence*

KUHN IBÉRICA, S.A.
Pol. Ind. Los Frailes, 23
28814 Daganzo (Madrid)
Tel: 91-878 22 60
Fax: 91-878 25 01
E-mail: info@kuhn.es

* 175 años de excelencia

del resto de los factores de producción, esta última es tanto mayor cuanto mayor es el número de las labores efectuadas.

En la Tabla 3 se aprecia que en los países donde la pluviosidad no es un factor limitante, como es el caso de los del norte de Europa, el consumo total de energía para cultivos de cereales varía entre 13,4 y 17,7 GJ ha⁻¹. Tanto el laboreo mínimo como la siembra directa consumen, prácticamente, la misma cantidad de energía, que es, a su vez, un 10% inferior a la del laboreo convencional. Las diferencias se hacen menores cuanto mayores son las cantidades de fertilizante aportadas, sobre todo los nitrogenados, cuya incidencia en el consumo total supera el 50%. Paralelamente, la productividad energética de los sistemas de laboreo de conservación es un 3-12% superior a la del laboreo convencional. Sin embargo, con el cultivo de cebada de primavera en Inglaterra se obtienen peores resultados con los sistemas de laboreo de conservación al reducirse considerablemente las producciones obtenidas (O'Sullivan y Ball, 1982). Ello se debe a la dificultad de alcanzar un buen establecimiento del cultivo, ya que la siembra se realiza en suelos con un alto

contenido de humedad y con gran cantidad de residuos.

En las zonas semiáridas de América del Norte la energía consumida en la producción de cereales es aproximadamente un 40% inferior a la consumida en Europa. Este tipo de agricultura se caracteriza por reducir al mínimo tanto el número de labores realizadas como la cantidad de fertilizante aplicado. Dado el escaso margen de beneficio, la rentabilidad de estas explotaciones exige grandes superficies de cultivo.

La reducción en el maíz del consumo de energía del laboreo de conservación se sitúa, por término medio, en el 10%, siempre y cuando se aplique fertilizante al cultivo pues cuando no es el caso el consumo disminuye en un 20%. Esto es lo que ocurre en algunas zonas de Argentina cuando se cultiva en rotación con soja.

Factores tales como los productos fitosanitarios y los equipos mecánicos tienen una baja incidencia energética, entre ambos no superan el 10%, pero desde el punto de vista económico el coste de utilización de la maquinaria puede repercutir entre el 30 y el 50% del total.

TABLA 3. CONSUMOS DE ENERGÍA Y PRODUCTIVIDADES ENERGÉTICAS EN DIFERENTES PARTES DEL MUNDO

	Consumo de energía (Gj*ha ⁻¹)			Productividad energética (t*Gj ⁻¹)		
	LC	LM	SD	LC	LM	SD
Dinamarca (8)						
Cebada Inv.	17,7	16,8	16,5	0,3	0,31	0,33
Suecia (8)						
Cebada Inv.	15,8	15,1	15	0,32	0,33	0,33
Inglaterra (11)						
Cebada inv.	14,6	13,4	13,4	0,45	0,49	0,51
Cebada prim.	15,2	14	14	0,4	0,37	0,33
Italia (12)						
Maíz	32,5	28,9	24,3	0,23	0,24	0,21
Canadá (13)						
Trigo tras barbecho	7,73	7,83	8,5	0,37	0,35	0,37
Trigo tras trigo	8,5	8,5	8,3	0,28	0,3	0,3
Guisante tras cereal	4,75	4,57	4,4	0,49	0,56	0,59
Maíz grano	16,4	15,6	15,7	0,56	0,52	0,46
Estados Unidos (14)						
Maíz grano	17	16,3	15,4	0,32	0,33	0,35
Argentina (15)						
Maíz tras soja:						
Fertilizado	10,1	-	9,2	0,55	-	0,66
Sin fertilizar	4,5	-	3,6	1,19	-	1,55
Trigo tras maíz:						
Fertilizado	9,6	-	9	0,28	-	0,29
Sin fertilizar	4,1	-	3,1	0,6	-	0,57

LC: Laboreo convencional, LM: Laboreo Mínimo, SD: Siembra Directa

Los resultados correspondientes a España (Tabla 4) muestran un comportamiento similar al de otras áreas geográficas. Los sistemas de laboreo de conservación en cultivos cerealistas permiten un ahorro energético comprendido entre el 5% y el 15%, mientras que la productividad energética puede incluso superar el 30%.

En Navarra, el comportamiento de los sistemas de laboreo

de conservación ha venido condicionado por las características climatológicas de cada zona donde se han aplicado. En la árida, con producciones medias o bajas, las cantidades de energía consumidas están en consonancia con la producción obtenida al objeto de mantener unos niveles mínimos de productividad. El sistema de siembra directa ha dado producciones entre el 5-10% inferiores a las del laboreo convencional. En la zona in-

TABLA 4. CONSUMOS DE ENERGÍA Y PRODUCTIVIDADES ENERGÉTICAS EN ESPAÑA

	Consumo de energía (Gj*ha ⁻¹)			Productividad energética (t*Gj ⁻¹)		
	LC	LM	SD	LC	LM	SD
Andalucía (Sevilla) (16)						
Girasol tras trigo (Tomejil)	4,0	3,1	2,1	0,23	0,35	0,50
Garbanzo tras girasol (Tomejil)	11,6	10,8	9,95	0,06	0,07	0,08
Trigo tras garbanzo (Tomejil)	17,8	16,9	16,2	0,31	0,28	0,32
Castilla-La Mancha (Toledo) (17)						
Cebada tras veza (S. Olalla)	13,7	12,9	12,8	0,22	0,24	0,24
Veza tras cebada (S. Olalla)	7,9	6,9	5,6	0,45	0,51	0,60
Madrid (Alcalá de Henares) (18)						
Trigo tras barbecho	18	16	16,2	0,26	0,32	0,31
Trigo tras veza	13,0	12,0	12,1	0,19	0,21	0,22
Veza tras trigo	5,6	4,9	5,0	1,36	1,47	1,60
Cebada Inv. (monoc.)	12,2	11,3	11,1	0,24	0,28	0,27
Cebada Prim. (monoc.)	13,1	12,3	12,1	0,20	0,21	0,19
Guisante forrajero	6,5	5,9	6,1	0,67	0,72	0,71
Navarra (19 y 20)						
(Zona Árida)						
Cebada Inv.	8,3	7,3	6,5	0,26	0,27	0,27
(Zona Media)						
Cebada Inv.	13,8	12,6	11,7	0,30	0,33	0,39
Trigo Inv.	14,7		12,6	0,38		0,44
Veza (heno)	7,4		5,9	0,50		0,85
(Zona B. Montaña)						
Trigo Inv.	17,2		15,1	0,43		0,43
Cebada Inv.	15,8		14,8	0,32		0,32
Colza	22,5		21	0,14		0,17
Galicia (Lugo) (21)						
Maíz forrajero	27,3		23,4	0,49		0,53
Cataluña (Lérida) (22)						
Cebada Inv., (Guissona)	13,4	12,0	11,7	0,28	0,33	0,36
Cebada Inv., (Agramunt)	12,9	11,6	11,2	0,25	0,28	0,34
Aragón (Huesca)						
Cebada Inv., (Candasnos)	12,6	11,4	10,9	0,15	0,14	0,13

termedia, cuya pluviometría está comprendida entre 400 mm y 500 mm, la siembra directa es donde ha dado los mejores resultados, reduciéndose el consumo energético en un 15% y aumentando un 20% la productividad. En la zona de baja montaña la reducción del consumo energético de la siembra directa no suele superar el 10%, pero mantiene las mismas productividades que el laboreo convencional. Las cosechas obtenidas con la siembra directa se reducen por las dificultades que la elevada cantidad de residuos plantean en el momento de la siembra del cultivo.

En la zona centro, al igual que en Castilla la Mancha y Castilla y León, los resultados muestran ventajas a favor de los sistemas de laboreo de conservación tanto en ahorro de energía (7-10%) como en productividad, aumentando esta última entre el 10% y el 30% en relación con la del laboreo convencional. Un comportamiento similar se sigue en Cataluña.

En Andalucía, los consumos de energía para el trigo son elevados dadas las cantidades de nitrógeno que se aplican, las cuales están de acuerdo a los rendimientos esperados. Aún así, la reducción energética que se consigue con la siembra directa, en comparación con el laboreo convencional, se aproxima al

10%, mientras que la productividad energética es la misma en los tres sistemas de laboreo contemplados en la Tabla 4. Por el contrario, los resultados obtenidos con la siembra directa para el cultivo de girasol han sido muy favorables.

Ello es así al reducirse drásticamente la fertilización, con relación a otros cultivos. La disminución del consumo de energía puede llegar hasta el 50% y la productividad puede aumentar hasta un 100%.

En la misma línea se comportan las leguminosas, principalmente veza, ya que no se fertilizan en cobertera y se reduce considerablemente el abonado de sementera en comparación con el de un cereal. Los resultados obtenidos en distintas comunidades autónomas ponen de manifiesto un ahorro energético que alcanza el 30% y un aumento de la productividad que puede variar entre el 25% y el 75%. Con respecto al maíz forrajero el sistema de SD significa un ahorro de energía del 14% en relación al LC y un aumento del 8% de la productividad energética. ●

I. Dpto. Ingeniería Forestal. E.T.S. Ing. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid 04).

Bibliografía

1. **Fluck, R.C. and Baird, C.D., 1982.** Agricultural Energetics. A VI, Westport CT, 192 pp.

2. **Pimentel, D., 1992.** Energy inputs in production agriculture. In: R.C. Fluck (Editor). Elsevier, The Netherlands, 367 pp.

3. **Bowers, W., 1992.** Agricultural field equipment. In: R.C. Fluck (Editor), Energy in Farm Production. Elsevier, The Netherlands, 367 pp.

4. **Mudahar, M.S. and Hignett, T.P. 1987.** Fertilizer and energy use. In: Z.R. Hesel (Editor), Energy in Plant Nutrition and Pest Control. Elsevier, The Netherlands, 293 pp.

5. **Heichel, G., 1980.** Energy attributable to seed. In: D. Pimentel (Editor), Energy Utilization in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 475 pp.

6. **Green, M.B., 1987.** Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Z.R. Hesel (Editor), Energy in Plant Nutrition and Pest Control. Elsevier, The Netherlands, 293 pp.

7. **FAO, 1989.** Energy consumption and input-output relations of field operations. Reur Technical Series 10, 117 pp.

8. **FAO, 1992.** Labour, machinery and energy data bases in plant production. Reur Technical Series

9. **Barthelemy, P., Boiscontier, D., Lajoux, P., 1987.** Choisir les outils de travail du sol. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris. 197 pp.

10. **Barthelemy, P., Boiscontier, D., Lajoux, P., 1989.** Choisir les outils de semis. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris. 114 pp.

11. **O'Sullivan, M.F. and Ball, B.C., 1982.** Spring barley growth, grain quality and soil physical conditions in a cultivation experiment on a sandy loam in Scotland. Soil Tillage Research, 2:359-378.

12. **Borin, M. Menini C., and Sattori, L. 1997.** Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil & Tillage Research. 40: 209-226.

13. **Zentner R.P., Lafond G.P., Derksen D.A., Nagy**

C.N., Walla D.D., and May. W.E. 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. Soil & Tillage Research 77: 125-136.

14. **Frye, W. W., 1986.** Necesidades energéticas con laboreo nulo. En: R.E. Phillips y S.H. Phillips (Editores), Agricultura sin Laboreo. Ediciones Bellaterra, Barcelona, 316 pp.

15. **Selikovich, V., Senigaghesi, C., Hansen, O., y López Mondo, E., 1986.** Siembra Directa. INTA, Pergamino, Argentina, 16 pp.

16. **Giráldez, J. V. and González, P., 1994.** No tillage in clay soils under mediterranean climate: physical aspects. Experience with the applicability of no tillage crop production in West-European countries. In: F. Tebrügge and A. Borhsen (Editors), Proceedings of No Tillage Crop Production in West-European Countries. Giessen, 162 pp.

17. **Lacasta, C., 1992.** Efecto de distintos métodos de laboreo en secano. Investigación Agraria en Castilla-La Mancha. Memoria, pp.62-67.

18. **Hernanz, J.L., Girón, V.S. and Cerisola, C., 1995.** Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. Soil Tillage Research, 35:183-198.

19. **Arnal, P., 1991.** Alternativas al sistema de labranza tradicional. Navarra Agraria. Octubre, pp. 13-21.

20. **Arnal, P., 1992.** El no laboreo ahorra tiempo y dinero. Navarra Agraria. Septiembre-Octubre, pp.5-32.

21. **Bueno, J., y Hernanz, J.L. 1997.** Balance y productividad energética del cultivo de maíz forrajero en laboreo de conservación y convencional Actas del Congreso Nacional Agricultura de Conservación y Medidas Agroambientales. Burgos. 147-155.

22. **Angás P., Lampurlanés J. and Cantero-Martínez C. 2005.** Tillage and N fertilization: Effects on N dynamics and Barley yield under semiarid Mediterranean conditions. Soil and Tillage Research. En Prensa.