

ESTUDIO ECONÓMICO DE DISTINTOS SISTEMAS AGRÍCOLAS PARA CULTIVO DE CEREALES EN SECANO SEMIÁRIDO

G. Pardo*, J. Aibar, F. Villa***, S. Fernández-Cavada***, M. Eslava*, C. Zaragoza***

* CITA. Dept. de Ciencia, Tecnología y Universidad, Gobierno de Aragón, Aptd. 707, 50080 Zaragoza, España

** Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Univ. de Zaragoza, España

*** Depto. de Agricultura, Gobierno de Aragón

RESUMEN

Se han estudiado los costes e ingresos del cultivo de cebada durante 1997, 1998, 2001 y 2002 y trigo duro en 1999, 2000 y 2003, en una rotación (barbecho-cebada-veza-trigo duro) de secano semiárido, para tres sistemas de cultivo denominados 'de mínimos insumos' (con alzado, cultivador, siembra y cosecha), 'convencional' (incluyendo abonado químico y tratamiento herbicida) y 'ecológico' (incluyendo abono orgánico y escarda mecánica). El sistema 'de mínimos' fue el que mayores beneficios económicos proporcionó (271%), seguido muy de cerca por el sistema 'ecológico' (266%), resultando peor opción el 'convencional' (100%). En el hipotético caso de vender la cosecha del sistema 'de mínimos' a un precio superior en el mercado ecológico, este sistema obtiene todavía mayores márgenes (496%), y por el contrario, en ausencia de mercado ecológico, el sistema 'ecológico' obtendría resultados parecidos (103%) al 'convencional' (100%).

Palabras clave: Mínimos insumos, Agricultura ecológica, Rotación de cultivos.

SUMMARY

ECONOMIC ANALYSIS OF DIFFERENT SYSTEMS OF CEREAL CROPPING UNDER SEMI-ARID CONDITIONS

Costs and incomes of barley crop have been studied during 1997, 1998, 2001 and 2002 and durum wheat in 1999, 2000 and 2003, in a rotation (fallow-barley-vetch-durum wheat) in a semi-arid rainfed field, for three cropping systems, such as 'minimum input' system (with mouldboard ploughing, cultivator preparation, sowing and harvest), 'conventional' system (including chemical fertilizer and herbicide treatments) and 'organic' system (including organic fertilization and mechanical weed control). Results show that 'minimum input' system yielded high economic benefits (271%), followed by the 'organic' system (266%), and the worse option was the 'conventional' system (100%). In the case of selling the harvest of 'minimum input' system to a higher price in an organic market, this system obtains greater margins (496%), and on the other hand, in absence of an organic price, the 'organic' system obtained similar results (103%) to the 'conventional' system (100%).

Key words: Minimum input, Organic agriculture, Crop rotation.

Introducción

La producción de cereales en secanos semiáridos de España está muy limitada por las frecuentes condiciones de sequía y los rendimientos, normalmente bajos (2.000-3.000 kg/ha), dependen más de la cuantía y distribución de las precipitaciones que de los insumos agrícolas (LÓPEZ-BELLIDO *et al.*, 1996). Por esto, en los últimos años, los agricultores han limitado significativamente el uso de abonos químicos y herbicidas en zonas cerealistas semiáridas, tratando de reducir costes para mantener escasos beneficios económicos, logrados en gran medida, gracias a las ayudas comunitarias. Como ejemplos de esta reducción del uso de agroquímicos, se puede decir que en la provincia de Ciudad Real, en el cereal de secano, sólo se aplican herbicidas en un 13% de la superficie sembrada (RODRÍGUEZ PÉREZ y DÍAZ-SALAZAR, 2002), o que en Aragón sólo se aplican 30 U.F. de N/ha, como media, en cultivo de trigo duro en secano (MAPA, 2000).

Por lo tanto, las técnicas agrarias que habitualmente se aplican en estas áreas se adecuarían con relativa facilidad a las normativas que regulan sistemas productivos alternativos, como los ecológicos, siendo el objetivo incrementar el margen bruto de las explotaciones al obtener cosechas de mayor calidad por las que se paga un mayor precio, a la vez que se logran beneficios medioambientales. Sin embargo, también es razona-

ble pensar que se producirá un descenso de los rendimientos al dejar de aplicar métodos químicos de fertilización y desherbado, o bien, al sustituirlos por aquellos aceptados en las normas ecológicas. Se trataría de estudiar si este hipotético descenso de cosecha es compensado por el mayor precio de venta de ésta. Por ello, en este trabajo se han comparado distintos sistemas agrícolas, convencionales y ecológicos, desde un punto de vista productivo y económico, tomando como base los resultados de un ensayo, en secano semiárido, iniciado en 1997 y desarrollado hasta 2003.

Material y métodos

El ensayo se realizó durante los años 1997-2003 en un campo localizado en Sádaba, Zaragoza (lat. 42°17' N, long. 2°25' W) partiendo de niveles altos de materia orgánica y fertilidad en general, no habituales en zonas semiáridas. Se inició una rotación (barbecho-cebada-veza-trigo duro) en dos parcelas contiguas, de tal forma que en una había cereal (cebada o trigo) y la otra permanecía en barbecho o con veza para enterrar (cuadro 1). Las variedades de cereal fueron las siguientes: en 97 y 98 se utilizó la cebada 'Camelot', 'Graphit' en 2001, 'Hispanic' en 2002, el trigo duro en 1999, 2000 y 2003 fue de la variedad 'Anton'.

Cuadro 1. Alternativa de cultivos desarrollados en los ensayos
Table 1. Crop rotation carried on the trials

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003
Unidad 1	Cebada-	Veza-	Trigo duro-	Barbecho-	Cebada-	Veza-	Trigo duro
Unidad 2	Barbecho-	Cebada-	Veza-	Trigo duro-	Barbecho-	Cebada-	Veza

Esta alternativa se realizó con el fin de modificar la que comúnmente se lleva a cabo en todas las comarcas (cereal - barbecho) introduciendo la veza variedad 'Senda' para su enterrado en verde, con el fin de suministrar mayor cantidad de nitrógeno y materia orgánica al suelo. Además de la veza, se incorporó al suelo el rastrojo y la paja del cereal tras finalizar la campaña. Cada año, la parcela donde se sembró cereal se dividió en parcelas elementales de 90 m² según un diseño en 'split-plot', con dos factores, fertilización y escarda y tres niveles en cada factor:

a) *Factor principal (fertilización)*: **F1**: testigo sin fertilizar, **F2**: fertilización orgánica: 2500 kg/ha compost (humedad: 33,3%, M.O.:57,4%, C:27,8%, N:2,9%, P₂O₅:1,4%, K₂O:5,1% y Na:0,89%). El origen del compost y su elaboración fue el mismo en todos los años, **F3**: fertilización química (100-60-60 U.F./ha de N, P, K de 1997 a 2000 y 70-60-60 de 2001 a 2003) el N fraccionado en fondo y cobertera.

b) *Factor secundario (escarda)*: **E1**: testigo sin escarda, **E2**: escarda mecánica, con un único pase de grada de varillas flexibles, marca Hatzenbichler (St. Andrä, Austria), en el sentido de las líneas de siembra durante el ahijamiento del cultivo, **E3**: escarda química, mediante un herbicida elegido por los técnicos responsables del ensayo según el momento y la flora arvense presente, buscando selectividad y eficacia, a una dosis autorizada y en el momento adecuado.

En parcelas desherbadas químicamente se aplicó clortoluron 43%+terbutrina 7% (3 l/ha de Clortan de Alcotán) en los años 1999, 1999 y 2000, clortoluron 53% + terbutrina 10,75% + triasulfuron 0,25% (1,5 kg/ha de Tricurán de Syngenta) en 1998 y 2002, diclofop 36% (2,5 l/ha de Iloxan de Bayer) + diflufenican 2,5% + MCPA 25% (2 l/ha de Yard, Bayer) en 2001 y tralkoxidim

25% (Splendor de Syngenta, 1,5 l/ha) + ioxinil 12% + mecoprop 36% (Certrol H de Nufarm, 2 kg/ha) + aceite parafínico 60% (Canplus de Syngenta, 0,75 l/ha) en 2003.

La densidad de las malas hierbas en los testigos fue variable, pero en general, baja (75±71 plantas anuales/m²) estando constituida por especies típicas de los cereales de invierno (*Lolium rigidum*, *Polygonum aviculare*, *Anacyclus clavatus*, *Papaver rhoeas*, *Fumaria officinalis*, *Verónica hederifolia*). La pluviometría media de los siete años fue de 233±81 mm de siembra a cosecha.

Se compararon los resultados económicos de la rotación ensayada en cada año para tres sistemas productivos definidos por la combinación de las labores de fertilización y desherbado estudiadas, en base a los costes e ingresos que cada sistema genera.

Los tres sistemas productivos se denominaron:

- Sistema 'de mínimos': sin labores de fertilización ni de escarda (F1 y E1).
- Sistema 'ecológico': fertilización orgánica y desherbado mecánico (F2 y E2).
- Sistema 'convencional': con abonado químico y escarda química (F3 y E3).

Costes: estimación de los costes (por ha) de las labores efectuadas y materias primas utilizadas a lo largo de los siete años de la rotación según el sistema productivo analizado. Para valorar económicamente cada operación, se tuvo en cuenta el coste del operario, máquina, apero, materia prima (si se aplicó) y tiempo de ejecución necesario para cada labor.

Ingresos: dependieron de las producciones obtenidas, del precio de venta del producto, y de las ayudas que cada sistema productivo percibiera según cultivo y año agrícola.

Resultados y discusión

Se muestran resultados económicos para los tres sistemas productivos ensayados. Además se han realizado los cálculos para dos supuestos adicionales:

1.º Considerar el sistema 'de mínimos' también como 'ecológico' (Min(Ecol)) ya que se cumpliría con la normativa sobre este tipo de agricultura en lo referente a 'mantener la fertilidad del suelo' mediante la rotación con la leguminosa y el enterrado de los restos de cosecha (LACASTA y MECO, 2000). Esto implicaría recibir las ayudas a la producción ecológica y vender el grano en el mercado ecológico.

2.º Que no se encuentre mercado ecológico para el producto obtenido en el sistema

'ecológico' y el grano se venda en el mercado convencional (Ecol(Con)).

Cálculo de costes

Se han calculado los costes de las labores (cuadro 2): operario, tractor o cosechadora, apero, materia prima y tiempo de ejecución (ARNAL, 1990; HERNANZ *et al.*, 1992; GIL MARTÍNEZ *et al.*, 1994) realizadas en cada sistema y se agruparon de la siguiente manera:

• *Labores comunes a todos los sistemas productivos:* De la 1ª a la 5ª, hay que añadir las labores efectuadas en la unidad de cultivo adyacente:

a) en caso de barbecho: la labor nº 6

b) en caso de cultivo de veza: de la 7ª a la 10ª

Cuadro 2. Costes calculados (€/ha) de las distintas labores efectuadas en el ensayo según año

Table 2. Cost (€/ha) of different agricultural labours performed on the trial and year

Descripción labor	Año						
	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1ª Pase con cultivador	24,64	26,14	28,25	29,78	31,07	32,64	34,57
2ª Preparación de siembra cereal	24,64	26,14	28,25	29,78	31,07	32,64	34,57
3ª Siembra cereal	60,37	63,61	69,24	70,77	68,03	69,90	76,34
4ª Cosecha, picado de paja y almacenaje	33,32	34,46	35,97	37,77	38,64	39,95	41,46
5ª Incorporación del rastrojo	24,64	26,14	28,25	29,78	31,07	32,64	34,57
6ª Laboreo del barbecho trisurco	51,69	-	-	61,96	64,55	-	-
7ª Preparación de siembra veza	-	26,14	28,25	-	-	32,64	34,57
8ª Siembra de la veza	-	56,10	58,90	-	-	66,90	71,84
9ª Picado de la veza	-	13,73	14,42	-	-	16,92	17,89
10ª Incorporación de la veza trisurco	-	54,69	58,90	-	-	68,29	72,15
11ª Fertilización orgánica	190,82	193,08	196,23	198,53	200,92	204,18	207,08
12ª Desherbado mecánico	10,10	10,72	11,58	12,21	12,74	13,38	14,05
13ª Abonado de fondo	78,61	80,08	82,58	83,20	83,84	84,63	85,44
14ª Abonado de cobertera	30,59	42,82	43,63	44,25	29,99	30,78	31,59
15ª Aplicación de herbicida	25,54	23,29	32,45	33,22	61,06	46,98	55,30

Son labores efectuadas en el llamado sistema ‘de mínimos’.

- *Labores específicas a añadir en el sistema ‘ecológico’*: 11ª y 12ª

- *Labores específicas a añadir en el sistema ‘convencional’*: 13ª, 14ª y 15ª.

Por lo que los costes en cada año y sistema para la superficie tipo de 2 ha fueron los siguientes (figura 1):

Lógicamente los costes fueron menores en el sistema de mínimos al no hacer labores de fertilización ni escarda en la hoja correspondiente al cereal. Fueron mayores en el sistema ‘ecológico’ frente al convencional, por el alto coste del compost (0,06 €/kg) y

su distribución, algo más caro que la aplicación del abonado químico (figura 1), y ello a pesar que el pase de grada resultó más barato que la aplicación de cualquier herbicida (cuadro 2). Asimismo, los costes de la explotación tipo fueron menores en 96-97, 99-00 y 00-01 que en 97-98, 98-99, 01-02 y 01-03 debido a que los costes que ocasiona la parcela de cultivo contigua fueron menores en barbecho que en veza para enterrar.

Cálculo de ingresos

Los ingresos (figura 2) de cada sistema productivo procedieron de tres fuentes:

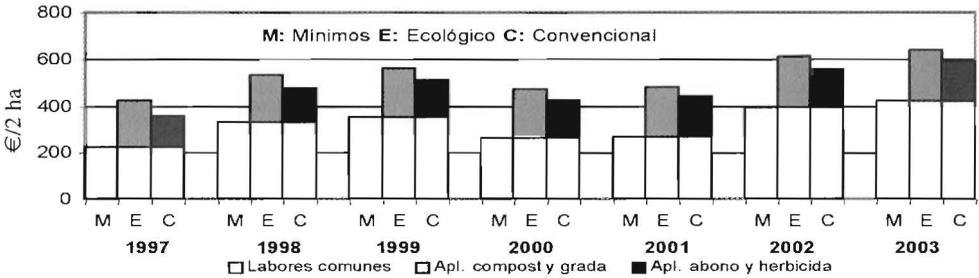


Figura 1. Costes (€) para la explotación tipo de 2 ha según año y sistema agrícola.
 Figure 1. Farm (2 ha) costs (€) depending of year and agricultural systems.

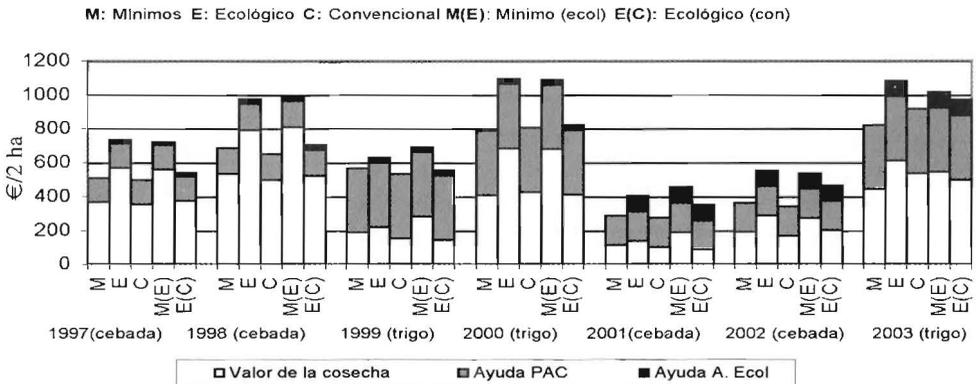


Figura 2. Ingresos (€) para la explotación tipo de 2 ha según año y sistema agrícola.
 Figure 2. Gross income (€) for a farm (2/ha) depending of the year and agricultural system.

Por venta del cereal

Los precios de cereal se obtuvieron de la Lonja Agropecuaria del Ebro y en el Comité Aragonés de Agricultura Ecológica, y se muestran en el cuadro 3:

Las producciones obtenidas en Zaragoza en los 5 años y para cada manejo fueron las siguientes (cuadro 4):

Los resultados de cosecha son prácticamente los mismos para los distintos 'sistemas' ensayados, sobre todo los 6 primeros

años, donde algunos años (1998, 1999, 2001) el sistema 'de mínimos' ha logrado mayor cosecha que los otros dos. Ello se debe a las peculiaridades de las zonas semiáridas, en las que muchas veces la falta de lluvia no permite que los abonados químicos sean aprovechados por los cultivos (VAN HERWARDEN *et al.*, 1998). También algunos autores afirman que incluyendo leguminosas en las rotaciones, como es nuestro caso, se puede eliminar el aporte de fertilizantes nitrogenados sin merma de cosecha, cuando éstas son bajas (NEELY *et al.*, 1987; GRANS-

Cuadro 3. Precio del cereal en el mercado convencional y ecológico (€/kg)

Table 3. Cereal prices on the conventional and ecological market (€/kg)

Mercado/Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Convencional	0,138	0,138	0,150	0,144	0,126	0,126	0,156
Ecológico	0,210	0,210	0,228	0,240	0,210	0,180	0,192

Cultivo: cebada: 1997, 1998, 2001 y 2002, trigo duro: 1999, 2000 y 2003.

Crop: barley: 1997, 1998, 2001 and 2002. Durum wheat: 1999, 2000 and 2003.

Cuadro 4. Producción obtenida (kg/ha) en 1997-03 en los diferentes sistemas ensayados

Table 4. Yields obtained (kg/ha) since 1997 to 2003 in different systems

Año/'Sistema agrícola'	Mínimos	Ecológico	Convencional
1997 (cebada)	2650 a	2701 a	2542 a
1998 (cebada)	3836 a	3757 a	3567 a
1999 (trigo duro)	1222 a	944 a	988 a
2000 (trigo duro)	2819 a	2840 a	2922 a
2001 (cebada)	883 a	646 a	789 a
2002 (cebada)	1497 a	1576 a	1306 a
2003 (trigo duro)	2819 a	3173 a	3429 a
Media (cebada)	2216	2170	2051
Media (trigo duro)	2287	2319	2446
Media (grano 97-03)	2247	2234	2220

En cada año, sin diferencias significativas entre 'sistemas agrícolas' en el test LSD ($p < 0,05$).

In each year, differences between 'systems' were insignificant in the LSD test ($p < 0.05$).

TEDT, 1990; MATHESON, 1991; CAMPBELL, 1991). En nuestro caso, los altos niveles de fertilidad inicial del suelo podrían ser otra razón por la que no se incrementara la cosecha con el aporte adicional de nutrientes mediante los distintos fertilizantes, pues la cantidad aportada de éstos fue escasa con relación a la ya existente en el suelo. Sin embargo en 25 ensayos realizados en ocho localidades de España, con climatología similar, durante cuatro años y partiendo de niveles de fertilidad normales, se obtuvieron resultados parecidos a los aquí presentados: sólo se incrementó la cosecha de cereal con aplicación de compost el 20% de las ocasiones, con abonado químico otro 20% pero resultando éste contraproducente en el 12% de las ocasiones (PARDO, 2003).

Por otro lado, esta misma rotación permite mantener la flora arvense en niveles bajos (DORADO, 1995; GARCÍA MURIEDAS *et al.*, 1997; LÓPEZ BELLIDO y LÓPEZ BELLIDO, 2000) siendo innecesario, en ocasiones, el empleo de métodos de control. Otras veces los herbicidas resultan ineficaces por falta de lluvia, mientras que los métodos mecánicos ven favorecida su acción por esta sequía, pero pueden ocasionar daños al cul-

tivo, haciendo muy difícil que el empleo de unos métodos u otros incrementen la cosecha en estas áreas (PARDO, 2003).

Así, sólo en el último año, con lluvias oportunas en invierno y primavera, las labores ecológicas y convencionales resultaron eficientes para incrementar las cosechas (cuadro 4), aunque se considera una excepción a la norma general.

Como las producciones medias fueron similares, el valor de la cosecha ecológica fue el más alto por el mayor precio de venta, resultando la de mínimos y la convencional similar (figura 2, zona barra blanca).

Ingresos por ayudas a superficies (PAC)

Se calcularon según la ayuda anual (€/Tm) asignada por la UE a los cultivos herbáceos y retirada de tierra (MAPA, 1996; REGLAMENTO CE nº 1251/1999), según los rendimientos de referencia (Tm/ha) fijados por la administración según la comarca en que se situó el ensayo (BOE, 1999). Quedando la ayuda recibida (€/ha) para cultivos herbáceos y retirada de tierra en las cantidades que refleja el cuadro 5.

Cuadro 5. Ayudas a superficies PAC percibidas (€/ha) según año en Sádaba (comarca de Cinco Villas en Aragón)

Table 5. CAP subsidies (€/ha) in different years in Sádaba area (Aragon, Spain)

Año	Cereal	Retirada	Trigo duro
1997	124,87	173,85	-
1998	135,85	172,07	-
1999	135,85	172,07	226,95
2000	146,68	146,68	218,85
2001, 2002 y 2003	157,50	157,50	206,8*

* únicamente en 2003.

* *only in 2003.*

La normativa comunitaria ofrece la posibilidad de recibir ayudas por la superficie sembrada, y por la retirada de tierra sin obtener producto comercializable. Nuestro ensayo puede acogerse a esta ayuda ya que contempla la rotación con barbecho o veza, cumpliendo de esta forma con los requisitos fijados por la PAC. El porcentaje de retirada, respecto a la superficie sembrada suele ser de 10% (en nuestro caso 0,1 ha) y es el utilizado para el cálculo de la ayuda total para la explotación tipo, aunque puede variar ligeramente según el año.

Además, en los años 1999, 2000 y 2003, se obtuvo un pago suplementario al estar considerada la provincia de Zaragoza como zona productora tradicional de trigo duro. En el cuadro 5 se muestra la cuantía percibida una vez descontadas las penalizaciones por exceso de superficie sembrada. El total de las ayudas comunitarias, fueron las mismas para todos los ‘sistemas’ en cada año y algo mayores cuando se sembró trigo duro (figura 2, zona barra gris).

Ingresos por ayudas a la agricultura ecológica en cereal de secano

Las ayudas aportadas por el Gobierno de Aragón a la producción ecológica fueron de 21,63 €/ha 1997, de 25,84 €/ha de 30 €/ha en 1999 y 2000, y 92,32 €/ha en 2001 y 2002 y 2003 (VILLA, 2002), que aunque pueden variar ligeramente según el organismo autonómico, estas cuantías fueron utilizadas también para el cálculo de los ingresos totales en el sistema ‘ecológico’ (figura 2, zona barra negra).

Resultado económico

El resultado económico se ha calculado como la diferencia entre ingresos y costes de la explotación tipo. No se han considerado amortizaciones del capital, impuestos o seguros (figura 3).

Dado que las producciones han sido prácticamente iguales en los tres sistemas analiza-

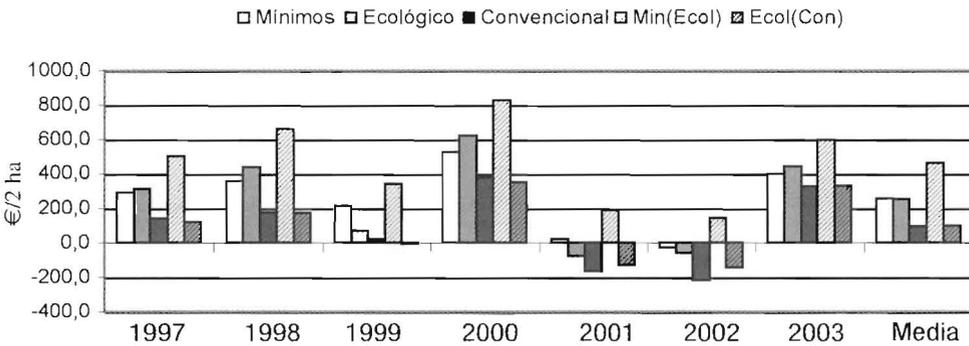


Figura 3. Beneficios (€) para la explotación tipo de 2 ha según año (y media) y sistema agrícola.

Figure 3. Net profits (€) for a farm (2 ha) depending of year (average) and agricultural system.

* Min (Ecol): cosecha obtenida en sistema de mínimos vendida a precio ecológico. Ecol (Con): Cosecha obtenida en sistema ecológico vendida a precio convencional.

* *Min (ecol): crop obtained in ‘minimum input’ system sold in an organic market. Ecol (con): crop obtained in ‘organic’ system sold in a conventional market.*

dos, las variaciones en la cuantía de los beneficios de un sistema a otro estuvieron determinadas por los costes de las labores, de las materias primas aplicadas y por el precio de venta del grano. Así, el menor coste de los recursos en el sistema 'de mínimos' fue compensado por el mayor precio de venta del producto en el sistema 'ecológico' para obtener prácticamente un beneficio económico similar entre la opción ecológica (266%) y la de mínimos (271%), más del doble que la convencional (100%), siendo peor opción esta última.

Algunos estudios realizados en nuestro país (MECO *et al.*, 1998; LACASTA y MECO, 2000; AGREDA y ABÓS, 2001) inciden en la idea de que las rotaciones denominadas 'ecológicas' de cereales son más rentables económicamente que las 'convencionales' sin ni siquiera considerar un precio de venta de producto superior al convencional, aunque aquellas se identifican en la práctica con el que aquí se llama sistema 'de mínimos' (que también puede ser considerado como 'ecológico') por lo que los resultados coinciden. Por supuesto, si además suponemos un mayor precio de venta del producto, entonces

los beneficios se incrementan mucho (496%), casi cinco veces sobre la opción convencional. Por el contrario, si el cereal obtenido mediante el sistema 'ecológico' se vende a precio convencional pasa a ser una opción tan poco rentable como la convencional (103%), y sería la peor si no fuera por la ayuda específica a la agricultura ecológica, ya que las labores de fertilización y escarda ecológicas (aplicación de compost y grada) supusieron costes no compensados con incrementos de producción.

Si a estos resultados descontamos los ingresos por las distintas ayudas, sólo la opción 'de mínimos', si se vende a un precio mayor, logra mantener beneficios en cuatro de los siete años ensayados (figura 4). Los resultados demuestran, una vez más, la inviabilidad de la agricultura convencional y la ecológica con aporte de compost y pase de rastra, aun vendiendo el grano a mayor precio, en ausencia de ayudas. Este resultado es importante si se considera el escenario actual de reducción de las futuras ayudas de la PAC y alerta de la sostenibilidad de las actividades agrarias en las zonas semiáridas de nuestro país.

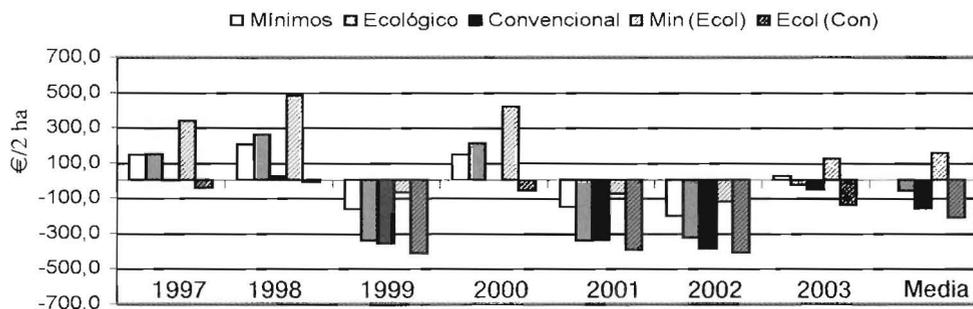


Figura 4. Beneficios (€) para la explotación tipo de 2 ha según año y sistema agrícola sin ayudas.

Figure 4. Net profits (€) for a farm (2 ha) depending of year and agricultural system without subsidies.

* Min (Ecol): cosecha obtenida en sistema de mínimos vendida a precio ecológico. Ecol (Con): cosecha obtenida en sistema ecológico vendida a precio convencional.

* Min (ecol): crop obtained in 'minimum input' system sold in an organic market. Ecol (con): crop obtained in 'organic' system sold in a conventional market.

Tampoco el sistema 'ecológico' alcanza, como media, los umbrales de rentabilidad ni aun suponiendo un precio de venta mayor, lo que sugiere que la aplicación del compost y el pase de grada no están justificados, como ya se indicó desde el punto de vista productivo (cuadro 4) ni, por supuesto, económico. Sólo podría plantearse su uso en el hipotético caso de que el sistema 'de mínimos' no estuviera avalado como ecológico y fuera obligatorio la aplicación de compost. Aun así, el precio de compra del compost debería ser más barato que los 0,06 €/kg considerados, y/o el precio de venta de grano ecológico más elevado que los utilizados en este estudio.

Teniendo en cuenta los precios medios de grano de los 7 años y también los costes para cada sistema, se necesitarían 2.277 kg/ha de grano para compensar los gastos del sistema 'de mínimos', 2.517 kg/ha para cubrir los del 'ecológico' y 3.409 kg/ha en el 'convencional', que como vemos en el cuadro 4 no se han conseguido en ningún caso, estando muy lejos de alcanzarse en el caso de la agricultura convencional.

Es bien conocido que la realidad actual de las prácticas agrícolas convencionales en estas zonas se aproxima en muchas ocasiones a las denominadas aquí como sistema 'de mínimos' ya que los agricultores han limitado mucho el uso de fertilizantes y herbicidas. En muchas ocasiones sólo se aplican abonados nitrogenados de cobertera si las expectativas de humedad en el suelo son buenas, mientras que no se aplican herbicidas si no hay un problema especial. Estas prácticas agrícolas, que se producen habitualmente en estas zonas, unido a los resultados agronómicos y económicos de este trabajo, hacen pensar en la posibilidad de adoptar modelos 'ecológicos' de producción sin mayores problemas, pues parece factible mantener las producciones mediante la rotación de cultivos propuesta, siendo una

opción a tener en cuenta para mantener la viabilidad económica en estas áreas.

Conclusiones

Los tres 'sistemas agrícolas' estudiados en el escenario descrito (rotación determinada, alta fertilidad inicial, bajo nivel de malas hierbas) han obtenido producciones similares. Por tanto, se considera que cualquier tipo de fertilización y desherbado de los ensayos sólo supondrá, como norma general, mayores costes y no mayor cosecha.

El sistema 'de mínimos insumos' fue el que mayores beneficios económicos proporcionó (271%), seguido muy de cerca por el sistema 'ecológico' (266%), resultando peor opción el 'convencional' (100%). En el hipotético caso de vender la cosecha del sistema 'de mínimos' a un precio ecológico, este sistema obtiene todavía mayores márgenes (496%), y por el contrario, en ausencia de mercado ecológico, el sistema 'ecológico' obtendría resultados parecidos al 'convencional' (103%).

En ausencia de ayudas, sólo un sistema 'de mínimos insumos' cuya cosecha se vendiera en un mercado ecológico obtendría algún beneficio económico.

Bibliografía

- ÁGREDA J. y ABÓS J., 2001. Rentabilidad de los cultivos ecológicos. *Navarra Agraria*, 126: 32-38.
- ARNAL P., 1990. Análisis económico de distintos sistemas de laboreo. *El campo*, 117: 64-66.

- BOE nº 296, 1999. Real decreto 1983/1999 de 10 de diciembre sobre pagos por superficies a determinados productos agrícolas.
- CAMPBELL C.A., SCHNITZER M., LAFOND G.P., ZETNER R.P., KNIPFEL J.E., 1991. Thirty year crop rotation and management practices effects on soil amino nitrogen. *Soil Science of America Journal*, 55: 739-745.
- DORADO J., 1995. Influencia de los sistemas de manejo del suelo en la productividad y flora arvense presente en un cultivo tipo en ambientes semiáridos de la Submeseta Sur. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 253 pp.
- GARCÍA MURIEDAS G., ESTALRICH E., LACASTA C., MECO, 1997. Efecto de las rotaciones de cultivos herbáceos de secano sobre las poblaciones de adventicias. *Actas 1997 del Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, 33-36.
- GIL MARTÍNEZ M., VELILLA G., RUIZ A., 1994. Datos sobre tiempos de trabajo en agricultura –referencias bibliográficas– Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón. *Información Técnica* 1/94 12 pp.
- GRANSTEDT A., 1990. The supply and conservation of nitrogen in alternative farming –ecological agriculture– *Proceedings of the Ecological Agriculture*. Uppsala (Sweden), 163-177.
- HERNANZ J.L., SÁNCHEZ GIRÓN V., CERISOLA C., NAVARRRETE L., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C., 1992. Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos extensivos. *Anuario INIA* Vol 7, 2: 209-225.
- LACASTA C., MECO R., 2000. Costes energéticos y económicos de agrosistemas de cereales considerando manejos convencionales y ecológicos. *IV Congreso SEAE*. Córdoba, 10 pp.
- LÓPEZ-BELLIDO L., LÓPEZ-GARRIDO F.J., FUENTES M., CASTILLO J.E., FERNÁNDEZ E.J., 1996. Long-Term Tillage, Crop Rotation, and Nitrogen Fertilizer Effects on Wheat Yield under Rainfed Mediterranean Conditions. *Agronomy Journal*, 88: 783-791.
- LÓPEZ-BELLIDO GARRIDO R.J., LÓPEZ BELLIDO L., 2000. Efectos ambientales de la rotación trigo-girasol. *Vida Rural*, 104: 24-29.
- MATHENSON N., KIRSCHENMANN F., 1991. Cereal legume cropping systems: nine farm case studies in the dryland Northern Plains, Canadian Prairies and Intermountain Northwest. *Alternative Energy Resources Organization*, 75 pp. USA.
- MECO R., LACASTA C., ESTALRICH E., GARCÍA MURIEDAS G., 1998. La agricultura ecológica en cereales, una alternativa para zonas semiáridas. *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE*, 83-93.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1996. La política agraria común en España. Campaña 96/97. Madrid.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN, 2000. Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón en 2000. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. MAPA Madrid.
- NEELY C.L., McVAY K.A., HARGROVE W.L., 1987. Nitrogen contribution of winter legumes to no-till corn grain sorghum. In J.F. POWER (ed). *The Role of Legumes in Conservation Tillage Systems*. SCSA. Ankeny. Iowa, 48-49.
- PARDO G., 2003. Estudio comparativo de la fertilización y el desherbado en el cultivo ecológico de cereales en zonas semiáridas. Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, 206 pp.
- REGLAMENTO (CE) Nº 1251, 1999. del consejo de 17 mayo de 1999 por el que se establece un régimen de apoyo a los productos de determinados cultivos herbáceos.
- RODRÍGUEZ PÉREZ, M., DÍAZ-SALAZAR J., 2002. Principales incidencias malherbológicas en la provincia de Ciudad Real. Campaña 2000-2001. XXI Reunión del Grupo de Trabajo Malas Hierbas y Herbicidas. Ciudad Real. 5 pp.
- VAN HERWAARDEN A.F., FARGUHAN G.D., ANGUS J.F., RICHARDS R.A., HOWE G.N., 1998. 'Haying-off' the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. I. Biomass, grain yield, and water use. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49,7: 1067-1081.
- VILLA F., 2002. La Agricultura Ecológica en Aragón. Evolución de la situación actual y organización. Plan de experimentación y divulgación hacia el sector. *XXXIV Jornadas de Aida: Producción sostenible en el medio agrario*. ITEA Vegetal extra n.º 23: 22-31.

(Aceptado para publicación el 15 de marzo de 2004).