

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

AGRICULTURA
ECOLÓGICA

en
Cereales
DE SECANO



Carlos Lacasta Dutoit



AGRICULTURA
ECOLÓGICA
en
Cereales
DE SECANO

I. INTRODUCCION	
II. BASES PARA EL CULTIVO ECOLÓGICO DE CEREALES DE SECANO	
III. TECNOLOGÍA ECOLÓGICA	
1. LABOREO DEL SUELO	
2. FERTILIZACIÓN	
a. Los nutrientes básicos	
b. Manejo de la nutrición en la agricultura ecológica	
3. MANEJO DE FLORA ESPONTÁNEA	
4. LA ROTACIÓN DE CULTIVOS	
5. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	
IV. LA BIODIVERSIDAD DEL PAISAJE	
V. COSTES ECONÓMICOS Y ENERGÉTICOS	
1. Economía	
2. El coste energético	
VI. BIBLIOGRAFIA	

.....	3
.....	4
.....	7
.....	7
.....	11
.....	12
.....	14
.....	17
.....	21
.....	23
.....	27
.....	29
.....	29
.....	32
.....	34



Los cereales de secano ocupan el 61% de toda la superficie dedicada a cultivos en España. Los sistemas de cultivo extensivos, muy comunes en el pasado en toda Europa, están hoy confinados a la región mediterránea. En este sistema la utilización de agroquímicos, especialmente herbicidas, es baja y una gran proporción se deja en barbecho cada año, las cuales son empleadas como rastrojera por la ganadería.

En los sistemas de cereales de secano, los incrementos en la productividad agrícola mediante aportes adicionales de energía externa son muy pequeños y costosos, obteniéndose beneficios económicos, en muchos casos, negativos (Fernández-Quintanilla y Gómez Fernández, 1984).

En general los sistemas de producción de cereales en secano presentan una baja rentabilidad, altas tasas de erosión, disminución alarmante del contenido en materia orgánica de los suelos, pérdida de elementos fertilizantes solubles y graves implicaciones en procesos contaminantes. Esto, unido a una escasa biodiversidad al haber sido eliminados gran parte de los hábitats tanto de la flora como de la fauna autóctona, sitúan estos agroecosistemas en un proceso de desertificación que, exige un cambio en su manejo si pretendemos su perdurabilidad.

El desarrollo de sistemas de producción ecológica de cereales es la mejor alternativa para los agroecosistemas de cereales de secano. Esta contempla varios objetivos generales para su sustentabilidad como son, la conservación o restitución de los recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad) y la rentabilidad, para que de esta forma puedan mantenerse los agricultores en su actividad.

Los paisajes cerealísticos de nuestros secanos constituyen uno de los hábitats seminaturales más importantes en Europa Occidental

II. Bases para el cultivo ecológico

El manejo ecológico debe desarrollar un grupo de prácticas agrícolas y ambientales que permitan restablecer el deterioro de los recursos naturales y su mantenimiento, así como mantener la productividad del sistema y su rentabilidad. Por ello las prácticas ecológicas deben ir dirigida a:

a) Restablecer e incluso mejorar los niveles de materia orgánica, mediante las propuestas siguientes:

Restitución de los residuos agrícolas al suelo. El aporte de la paja de la cosecha de cereales durante 20 años supone pasar de 0,8 a 1,6 % de materia orgánica.

Aportes extras de materia orgánica.

Disminución del laboreo. El cambio de la labor de vertedera por cultivador ha supuesto en 20 años pasar del 1 % a 1,25 % de materia orgánica y ello sin detrimento de la productividad.

b) Establecer una rotación de cultivos adecuada.

Indispensable para mantener la fertilidad de los suelos y evitar los problemas de plagas y enfermedades. Estas rotaciones deben alternar plantas de familias distintas, favorecer o evitar ciertos cultivos precedentes y, por último, introducir abonos naturales y leguminosas. En

Agrobiológico de cereales de secano

resumen una acertada rotación de cultivos implica el aumento de la diversidad vegetal, lo que conlleva el incremento de la capacidad de autorregulación del suelo, mejora de sus propiedades físicas y su resistencia, o capacidad de resistencia del sistema a cambios internos o externos, con la posibilidad de autorregulación para volver al estado original.

Este es el sistema de manejo más adecuado para mantener la sustentabilidad de un agroecosistema y son beneficiosas en los siguientes términos de:

- Evitar el agotamiento del suelo. Cada especie explora un determinado volumen y a una determinada profundidad.
- Producir una mejor gestión de los recursos hídricos del suelo.
- Permiten gestionar la humedad y temperatura del suelo para descomponer los residuos orgánicos incorporados.
- La presencia de especies mejorantes aumenta la fertilidad del suelo.
- Aumentan los niveles de elementos asimilables en el suelo.

- Disminuyen el riesgo de parásitos y enfermedades.
- Mejoran el control de hierbas, que unida a otras medidas culturales como siembras tardías y cultivo en líneas agrupadas, hace innecesario el uso de herbicidas.

Además el empleo de rotaciones de cultivos en las áreas cerealistas, incrementa el rendimiento del cereal.

El principio más importante de las rotaciones es que los cultivos se suceden en la rotación en función de las características entre el cultivo precedente y el siguiente. Así a una planta consumidora de nitrógeno le sucederá otra que lo acumule, a una consumidora de humus otra que lo produzca, a las que dejan el suelo compacto aquellas que lo dejan mullido, las raíces superficiales serán seguidas por las raíces profundas. Los cereales dejan una buena estructura en el suelo, aunque queda bastante compactado y pobre en nitrógeno, ya que son buenos consumidores de este nutriente.


A continuación se plantea un cuadro resumen donde se plasma el humus generado por distintos tipos de materia orgánica incluyendo los restos de cosecha de cereales.

MATERIA ORGÁNICA	HUMUS
Rastrojo y raíces de trigo	400-600 kg/ha y cosecha
Rastrojo de cereales secundarios	300-400 kg/ha y cosecha
Maíz (toda la planta)	500-800 kg/ha y cosecha
Remolacha (cuellos y hojas)	800-1200 kg/ha y cosecha
Maíz (toda la planta)	800-1200 kg/ha y cosecha
Alfalfa (enterrando último corte)	1500-4000 kg/ha y cosecha
Pradera temporal (según duración)	1.000-3000 kg/ha y año
Abonos verdes	40 kg/tm de materia verde
Estiércol	100 kg/tm
Paja enterrada	100 kg/tm



c) El restablecimiento de la biodiversidad, que contempla principalmente la recuperación del paisaje funcional, como el establecimiento de flora autóctona en los bordes de los campos, así como la regeneración de las zonas naturales de escurrimiento del agua, borde de riachuelos y ríos, etc.

Las rotaciones aumentan las producciones y controlan las malas hierbas.



Las labores en agricultura ecológica deben ser poco agresivas y sin invertir las capas profundas del suelo.

III. Tecnología ECOLÓGICA

1. LABOREO DEL SUELO

Se considera el laboreo como el conjunto de operaciones encaminadas a favorecer las propiedades físico-químicas del suelo (humedad, movilización de nutrientes, etc.), así como las propiedades biológicas del mismo, sus microorganismos y el desarrollo y actividad radicular). La conservación del suelo debe ser un objetivo básico a tener en cuenta en el proceso de laboreo (Carta Europea de los Suelos 1991).

Por todo ello, las labores en una agricultura ecológica deben ser poco agresivas y sin invertir las capas de suelo. De esta forma la estructura natural formada por los diferentes horizontes se mantiene en el tiempo, favoreciendo la máxima presencia de materia orgánica, evitando los efectos indeseables del laboreo mecanizado como la compactación, suelas de labor, etc, provocadas por labores realizadas a temperos inadecuados, o por utilización de maquinaria sobredimensionada.



Las labores de vertedera invierten los horizontes, degradan los suelos y si además se realizan a favor de pendiente producen las tasas más altas de erosión.

Las tasas de erosión por laboreo muestran un muy elevado rango de variación en función del patrón o dirección de laboreo aplicado. Mientras que el laboreo en contorno (con pases de labor alternantes en direcciones opuestas) da lugar a las tasas de erosión más reducidas, los valores máximos corresponden al patrón de laboreo a favor de la pendiente.

Estos hechos han quedado suficientemente puestos de manifiesto en diferentes experimentos realizados en finca desde el año 1983, que nos muestra el efecto de las labores sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Como resumen, se puede decir que el laboreo convencional (vertedera) favorece todas aquellas propiedades relacionadas con la macroporosidad (permeabilidad, penetrabilidad y aireación) pero desfavorece la materia orgánica (Gráfico 1), humedad del suelo, estabilidad estructural, elementos asimilables (Gráfico 2) y actividad biológica (López-Fando, 1991; Bello y López-Fando, 1993; Carrasco, 1997; Lacasta et al., 2005 (1)).

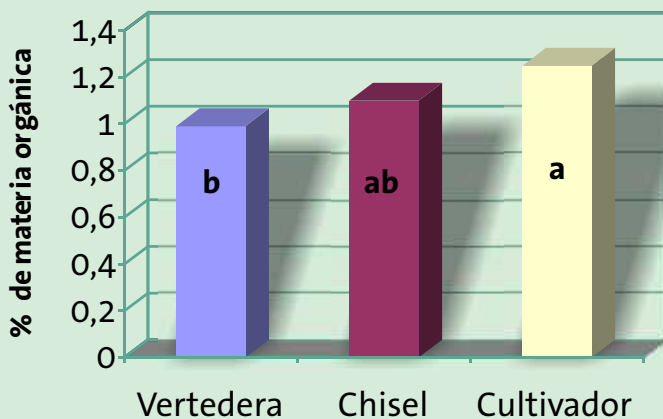
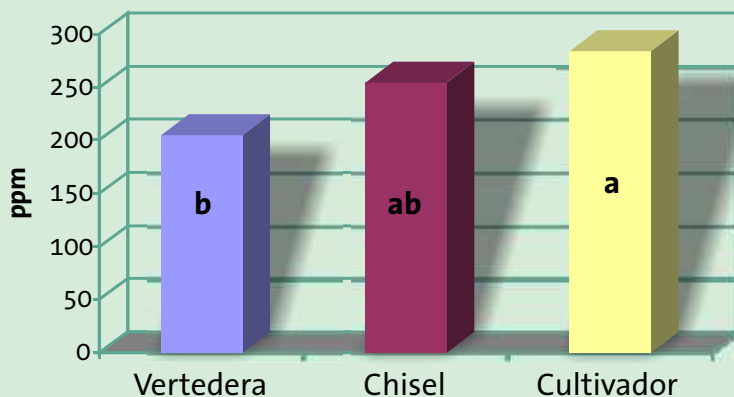


Gráfico 1. Evolución de la materia orgánica del suelo después de veinte años de diferentes labores. Las letras diferentes en las columnas significan diferencias significativas.

- Vertedera
- Chisel
- Cultivador

Gráfico 2. Evolución del fósforo en el suelo después de veinte años de diferentes labores. Las letras diferentes en las columnas señalan diferencias significativas entre las medias.



Otros de los factores importantes relacionado con el manejo de los suelos es el fenómeno de la erosión que supone la remoción (arranque y transporte) del material de la capa superficial por diversos agentes externos: el impacto de las gotas de lluvia, los flujos de aguas superficiales y subsuperficiales, el viento, el hielo y la acción de los organismos vivos, incluyendo la actividad humana.

Los suelos agrícolas de secano de muchas zonas de España, son particularmente sensibles a los procesos de erosión ya que las labores de gran profundidad modifican su estructura natural y lo dejan completamente desnudo y desprotegido en los momentos de máxima precipitación (otoño e invierno). Los resultados indican (Gráfico 3) que cuanto menor es la intervención del hombre sobre los suelos menor es la pérdida. El barbecho blanco (sin cultivo), al dejar el suelo desnudo, ocasiona tasas altas de erosión, aumentando a medida que se incrementa la pendiente. Esto contrasta con lo que sucede en las parcelas en las que existe una cubierta vegetal (De Alba, 1997).

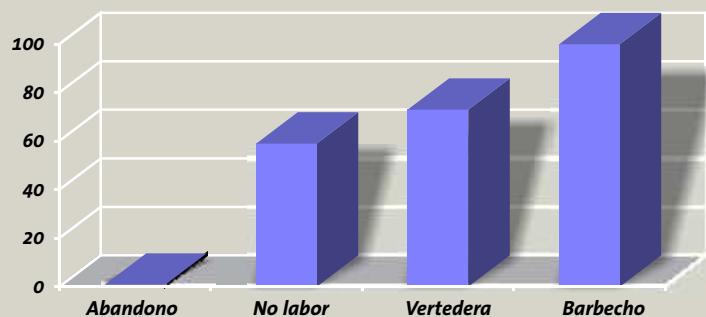


Gráfico 3. Tasas medias anuales relativas de pérdida de suelo (1993-96)

Igualmente y en el mismo sentido, dependiendo del tipo cultivo y su intensificación (secano – regadío), va a influir sobre el grado de erosión que se inflinja en el suelo.

Tasa de erosión media por grupo de cultivos agrícolas en Andalucía

TIPOS DE CULTIVOS AGRÍCOLAS	tm/ha/año
Cultivos Herbáceos en Secano	25.5
Cultivos en Regadío	15.2
Cultivos Leñosos en Secano	72.3

En un sistema de producción ecológico, el suelo debe mantenerse el mayor tiempo posible cubierto ya sea con un cultivo, empleando el barbecho sembrado, o con los residuos de la cosecha.

Fuente: Plan Andaluz de Control de Desertificación, Consejería de Medio Ambiente.

2. FERTILIZACIÓN



En los ambientes semiáridos mediterráneos, la cantidad de materia orgánica en los suelos se considera un índice de calidad en el manejo de las tierras agrícolas y es un indicador básico de sostenibilidad del agroecosistema.

Un suelo está bien dotado de materia orgánica si el mismo contiene del 2 al 3%. Se admite también que, anualmente, del 1 al 2% de las reservas de nitrógeno orgánico pasan al estado nítrico (asimilable por la planta).

Los aportes de estiércol, independientemente de su acción beneficiosa como enmienda orgánica, ponen a disposición del cultivo elementos fertilizantes que se liberan lentamente y que los cultivos aprovechan en sucesivos años. Para tener una idea del nitrógeno liberado, podemos considerar que en el primer año se libera el 50% del nitrógeno del estiércol, que se transforma en nitrógeno nítrico y es aprovechado por la planta; en el segundo año, el 30%, y en el tercer año, el 20%. (lógicamente estos porcentajes dependerá de las condiciones del climáticas y del propio suelo).

a. Los nutrientes básicos

El **nitrógeno**, al igual que todos los elementos biológicamente importantes, pasa por cambios cíclicos, de modo que puede ser utilizado y a la vez repuesto dentro de lo que se conoce como ciclo biogeoquímico del nitrógeno, por medio del cual un átomo de nitrógeno pasa del estado orgánico al inorgánico y viceversa, en una secuencia de procesos que implican actividades de organismo vivos y conversiones no biológicas.

Este elemento es indispensable para la nutrición vegetal, pero debido a la gran solubilidad que presenta en las formas asimilables para la planta, puede ocasionar serios problemas contaminantes por todos conocidos, como la contaminación de acuíferos por la lixiviación de los mismos. Es por ello que la buena gestión en el abonado orgánico nitrogenado, es fundamental para atajar estos problemas y muy especialmente en las zonas vulnerables a nitratos, al transformarse de forma paulatina el nitrógeno orgánico a inorgánico (asimilable para las plantas).

La clave característica del ciclo del nitrógeno en el suelo es el proceso de cambio de nitrógeno por mineralización e inmovilización.

- La mineralización es la transformación del nitrógeno y otros nutrientes fijados en


forma orgánica a su forma mineral o inorgánica, para poder ser asimilado por las plantas.

- La inmovilización, que es el proceso contrario a la mineralización; se produce cuando el nitrógeno inorgánico (NH_4^+ y NO_3^-), son asimilados por los microorganismos del suelo y de nuevo ligados a la materia orgánica, haciéndolo no disponible para la alimentación de las plantas.

En un suelo franco-arenoso con agricultura ecológica con diferentes manejos ecológicos con cultivos herbáceos de secano y hasta 90 cm de profundidad en dos años, se observó:

- Es en otoño cuando se dan las condiciones óptimas de nitrificación.
- El invierno muy lluvioso provoca la pérdida del 80 % de nitrógeno acumulado (93 kg/ha).
- En primavera, en los cultivos herbáceos de secano, es cuando se produce el consumo de nitratos acumulado en el suelo.

El **fósforo** que es indispensable para toda clase de seres vivos, presenta una baja disponibilidad en los suelos, por lo que constituye el elemento limitante en muchos ecosistemas. En



experimentos donde se ensayaban diferentes rotaciones ecológicas de cereales con diferentes cultivos, después de 12 años de rotación el fósforo asimilable fue el único elemento que descendió en el suelo (Lacasta y Meco 2005 (2)), llegando hasta un 50% en los cultivos más extractivos (rotación con veza para heno) aunque este descenso no influyó en las producciones de los cultivos.

El **potasio** es de los elementos más abundantes en el suelo con una riqueza media del 2,6%. La cantidad total de potasio presente en el suelo es muy elevada si se compara con las necesidades de las plantas (González y Ordóñez 1997). Un

suelo con un 2% de potasio total contiene en sus primeros 20 cm 60.000 kg/ha de este elemento. En los experimentos de Agricultura Ecológica de cereales sin aportación externa de este elemento no ha habido descenso de este en el suelo.

Las plantas absorben los macroelementos principalmente por difusión, por tanto el porcentaje de humedad en el suelo juega un papel decisivo en la asimilabilidad, pero también el nivel de los elementos en la solución del suelo y está claro que la fertilización mineral pone mayores cantidades de macronutrientes a disposición de la planta pero estos no se traducen en una mayor productividad del sistema

porque las variables meteorológicas determinaran el ritmo de evolución del ciclo del. La agricultura ecológica produce una mejor utilización del agua de aquí que en los trabajos realizados por el grupo de la Finca Experimental “La Higuera”, la eficiencia de uso de los nutrientes sean superiores en los manejos ecológicos, necesitando entre un 20 a un 50% menos de nutrientes para producir una tonelada de cebada, que en los manejos convencionales. Se cuantificó también la necesidad que tiene un cultivo ecológico de un 20% menos de agua para obtener las mismas producciones que la agricultura convencional.

b. Manejo de la nutrición en la agricultura ecológica

La estrategia para la nutrición ecológica de los cereales se basa en el uso de rotaciones con leguminosas y la incorporación al suelo de los residuos de cosecha, y esto unido al aumento de los niveles de materia orgánica, restaurando el equilibrio mineralización – humificación y favoreciendo el desarrollo de organismos simbiotes y no simbiotes.

El uso de leguminosas. En los sistemas agrarios mediterráneos desde la antigüedad, el uso del barbecho y la rotación con leguminosas han mantenido la productividad de estos sistemas, produciendo nitrógeno fijado de forma biológica, y ayudando a combatir enfermedades, plagas y malas hierbas, al romper la continuidad de los cultivos de cereales.



Los aportes de nitrógeno a través de la fijación en los nódulos de las leguminosas, se consideran fundamentales para una producción sostenible.

Se ha observado, que cuando se siembra leguminosa en rotación con el cereal, es más eficiente emplear la leguminosa para la producción de forraje o heno que enterrarla. La producción de cereal no difirió entre sistemas e inclusive durante tres años de los doce estudiados la producción de grano fue estadísticamente superior en el sistema cereal-heno, como se muestra en el Gráfico 4 (Lacasta et al. 2003). En este trabajo no se encontró diferencias en la materia orgánica del suelo de los dos tratamientos.

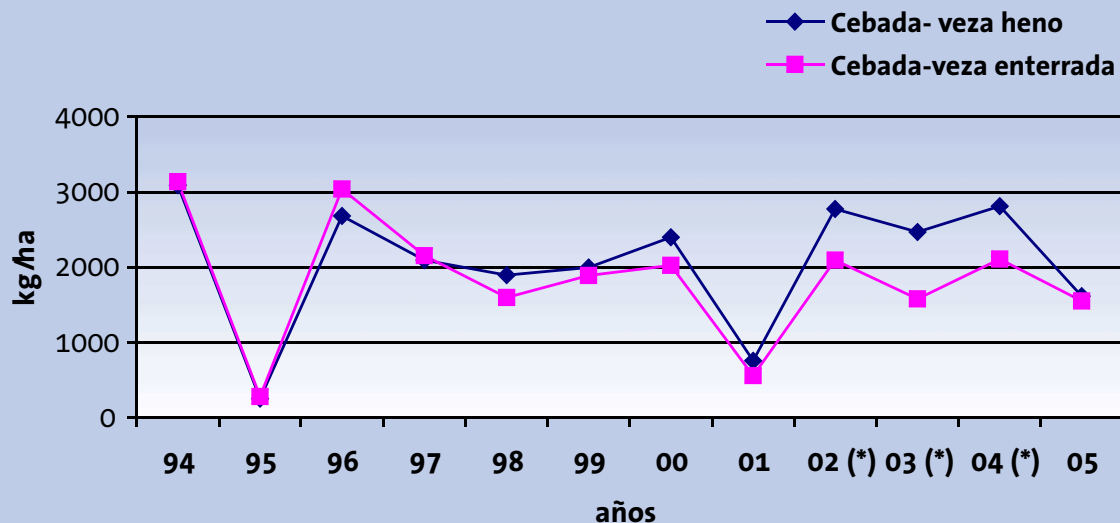


Gráfico 4.- Evolución de las producciones de cebada en dos rotaciones ecológicas en una se entierra la veza y en la otra se recoge. (*) Indica diferencias significativas.

Los residuos de cosecha, aportado al suelo es un modo de favorecer la fijación de nitrógeno y, consecuentemente aumentar la producción. Esta técnica consiste en incorporar la paja y restos de cultivos al suelo, procurando que tenga lugar su degradación antes de proceder a una nueva siembra. Su incorporación es otra fuente importante de fertilización en la producción ecológica de cereales. Cuando estos residuos son aprovechados para alimentación animal, pueden volver al sistema bajo forma de deyecciones o de estiércol o bien ser degradados por los microorganismos del suelo.

En ensayos de cultivos de cereales, la simple aportación de la paja de la cosecha al suelo ha supuesto, después de 20 años y teniendo en cuenta la naturaleza semiárida del clima, un incremento de la materia orgánica del suelo de más del doble de su valor inicial. La incorporación del rastrojo es suficiente para el mantenimiento de los niveles de materia orgánica cuando éstos están alrededor del 1%, (Gráfico 5).



Gráfico 5: Evolución de la materia orgánica en el suelo después de 20 años de la incorporación de toda la paja de los cereales. (López-Fando, 1993).

3. MANEJO DE FLORA ESPONTÁNEA

Flora espontánea, arvenses, silvestres, colonizadoras, invasoras o precursoras son diferentes nombres con los que también se conocen a las injustamente denominada “malas hierbas”. Algunos de ellos hacen referencia a su rapidez de reacción frente a cambios externos, lo que les faculta para poder colonizar espacios vacíos o empobrecidos biológicamente, como los agrícolas, cubriendo espacios y nichos ecológicos. Dicho todo esto, podemos decir que en Agricultura Ecológica se considera la flora arvense como un componente más del agrosistema y que realiza muchas funciones importantes.

Las arvenses presentes en un campo o agroecosistema nos señalan la naturaleza del terreno, la fertilidad de los suelos y también deficiencias del manejo. El control de las especies arvenses no debe consistir en erradicarlas sistemáticamente, sino en mantener siempre las poblaciones en densidades aceptables económicamente. Téngase en cuenta que una sola planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) puede producir unas 200.000 semillas (Roger, 1985). Así pues, resulta irrisorio el pretender su completa eliminación.



La flora arvense posee **cualidades beneficiosas** que no por ignoradas son menos importantes:

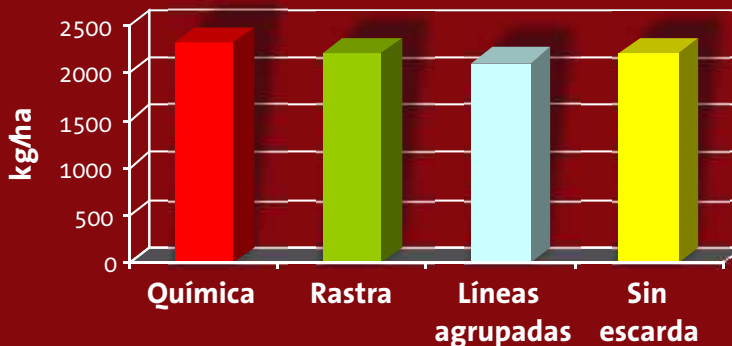


- **Actúan como estabilizadores** del suelo controlando la erosión.
- **Crean microclimas favorables** para los microorganismos del suelo
- **Suministran materia orgánica** y conservan y reciclan nutrientes.
- **Constituyen hábitats adecuados de insectos, aves, etc.**, que juegan un importante papel en el control biológico.

El empleo de rotaciones de cultivos en las áreas cerealistas es una medida eficaz para el control de la flora arvense acompañante de los cultivos, que unida a otras medidas culturales como siembras tardías y cultivo en líneas agrupadas hace innecesario el uso de herbicidas, (García-Muriedas et al.,1997; Zaragoza et al., 2000; Meco y Lacasta, 1996 y Lacasta et al., 1997).

Un estudio desarrollado para determinar diferentes sistema de control de arvenses arrojó que aunque había diferencias en la cantidad de malas hierbas por unidad de superficie en función de la escarda utilizada, cuando se observa las producciones medias de 8 años (Gráfico 6), se comprobó que las diferencias no eran significativas, (Lacasta et al.,1997).

Gráfico 6.- Producción de cereal en rotación con otros cultivos (media 8 años) sometido a diferentes escardas. Se aprecia que cuando el cereal esta en rotación con otro cultivo no es necesario ninguna escarda.



La escarda con gradas de púas o varillas flexibles es un buen complemento para la escarda de los cultivos herbáceos de secano.



La escarda en los cultivos herbáceos de secano se realiza con la grada de púas o varillas flexibles: Está indicado principalmente en cereales y se realiza con el cultivo en fase de ahijado, el inconveniente es que se debe dar las condiciones de suelo en tempero con la superficie seca y no controla bien gramíneas ni plantas muy enraizadas.

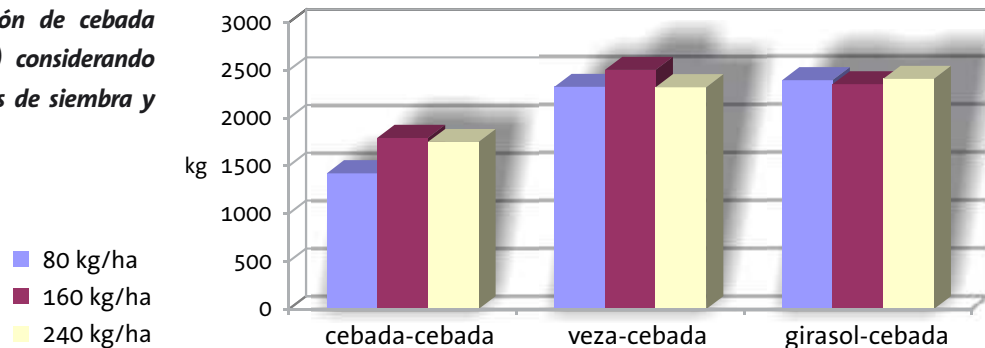
La siembra de líneas agrupadas fue muy empleada en la producción de cereales de secano pero con la aparición de los herbicidas, fue relegándose hasta su total desaparición. Para la agricultura ecológica extensiva de secano este método puede ser muy beneficioso ya que el laboreo superficial entre fajas favorece la aireación del suelo y por tanto la actividad biológica, favoreciendo la descomposición de los restos de cosecha incorporados al sistema como elemento fertilizante. De igual forma, se favorece la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico como los Azotobacter, que obtienen este elemento de la atmósfera confinada en el suelo. La siembra en fajas es también un buen elemento de control de la erosión cuando se realizan siguiendo las líneas de nivel, ya que se convierten en pequeñas terrazas.



La siembra de líneas agrupadas dentro de las rotaciones de cultivo mejora el control de las hierbas acompañantes de los cultivos.

El aumento de la densidad de siembra, poniendo mayor número de plantas cultivadas por unidad de superficie, ha sido considerada tradicionalmente una buena manera de aumentar la competencia del cultivo frente a la flora arvense acompañante, sin embargo en los trabajos realizados en la finca “La Higuera” (Lacasta et al., 2004) en diferentes rotaciones de cereales y con distintas densidades de siembra (80-160 kg cereal/ha) y durante 11 años, no se encontraron diferencias en los niveles de infestación por malas hierbas por efecto de las densidades. Las producciones tampoco mostraron diferencias por efecto de las distintas densidades de siembra en el cereal cuando estaba en rotación con otro cultivo pero este efecto se encontró cuando era un monocultivo de cereal (Gráfico 7).

Gráfico 7.- Producción de cebada (media de 11 años) considerando diferentes densidades de siembra y rotaciones de cultivo.



4. LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivo es una técnica imprescindible en la producción ecológica de cereales ya que produce una gran cantidad de efectos y sinergias en la nutrición de las plantas, el control de plagas enfermedades y arvenses y la disminución de la erosión.

En España, en los ambientes semiáridos, la cebada en rotación produce un 50% más que la cebada en monocultivo, y es indiferente el cultivo que preceda a la cebada, e incluso cuando las rotaciones son ecológicas sin aplicación de ningún tipo de fertilización estas producen un 30% más que el monocultivo de cereal convencional con aplicación de fertilización química y uso de herbicidas (Gráfico 8), (Lacasta y Meco, 2004) y Lacasta et al., 2005 (2)).

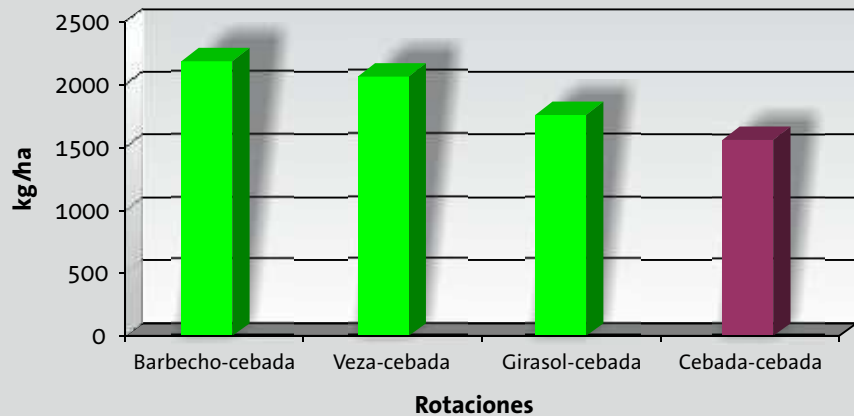


Gráfico 8: Producciones medias de cebada (12 años) de rotaciones ecológicas y convencionales.

■ Rotación - ecológica ■ Rotación-convencional

En este trabajo la variación de la producción anual (Gráfico 9) muestra que la rotación ecológica produjo más, prácticamente, todos los años y esta mayor producción fue estadísticamente diferente la mitad de ellos.

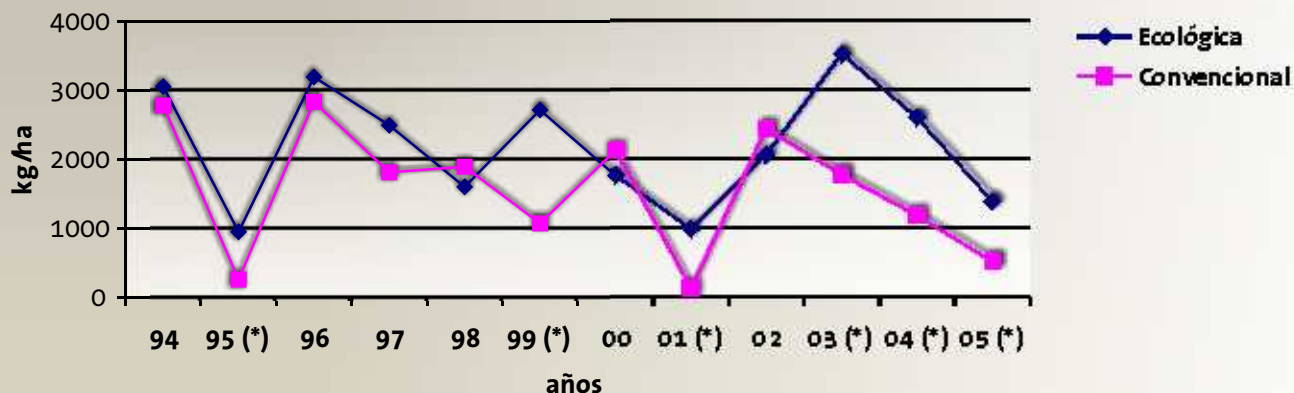


Gráfico 9: Evolución de las producciones de cebada en una rotación ecológica cebada-barbecho y en un monocultivo de cebada convencional. (*) Indica diferencias significativas.

Las rotaciones que ofrecen un mejor control de la flora espontánea en el cultivo de cereales son aquellas que incluyen un barbecho, girasol y veza forraje, ya que disminuyen el banco de semillas del suelo, bien con las labores de invierno o con la siega de primavera, disminuyendo por tanto la densidad de flora arvense en el cultivo de cereal. Por otra parte las rotaciones con barbecho y leguminosas dejan en una primera fase del cultivo de cereal tal cantidad de nitratos en el suelo que favorecen la competencia del cultivo frente a la flora acompañante. Por todo ello, son las rotaciones la mejor estrategia para el control de malas hierbas. Tal y como dijimos al inicio, las rotaciones ejercen también un papel importantísimo frente a la erosión. Sirva un ejemplo de rotación de maíz-trigo-pasto (Mateu, 1992), donde se concluyó que se perdían unas 6.7 tm/ha/año de suelo, frente a casi 50 tm/ha/año cuando el cultivo era continuado de maíz.

5. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los cereales en secano en agricultura convencional al ser un cultivo en extensivo, ha permitido mantener un cierto equilibrio entre depredadores y parásitos, dándose esporádicamente situaciones de plagas y enfermedades. Muchos de estos problemas, han sido originados por el aumento del monocultivo del cereal y a la utilización de variedades extraordinariamente mejoradas en cuanto a su rendimiento, pero frecuentemente más sensibles a los parásitos que las especies tradicionales adaptadas.

Las prácticas mediante las que se previenen o combaten las plagas, enfermedades y plantas adventicias deben pasar por:

- 1.- Un control en la selección de las variedades y especies adecuadas.
- 2.- Un adecuado programa de rotación.
- 3.- Medios mecanismos de cultivo.
- 4.- La protección de los enemigos naturales mediante medidas que los favorezcan.
- 5.- Escarda o quema de plantas adventicias especialmente competitivas.



Los estudios que se realizaron en la finca “La Higuera” con el nematodo parásito de los cereales *Heterodera avenae* entre los años 1984 y 1995, muestran que este puede llegar a producir pérdidas de hasta un 90% de la cosecha y se le asocia a los problemas de agotamiento del suelo (Romero, Valdeolivas y Lacaste, 1989, 1990, 1991, 1995). Los resultados indicaron que cuando se mantenía durante 3 años un cultivo no hospedador (leguminosas, girasol, barbecho), las poblaciones de *Heterodera* desaparecían; si se mantenía una rotación con otro cultivo no cereal

las poblaciones de nematodos sufrían variaciones periódicas, aumentando en el momento del cultivo de cereal y disminuyendo con el otro cultivo, permitiendo de esta manera mantener las poblaciones por debajo del umbral de daño. Ahora bien, si había monocultivo de cereal las poblaciones iban aumentando hasta que se hacía inviable el cultivo a los 3 años, y si a pesar de ello se mantenía el cultivo, el sistema se recuperaba debido a que el propio cultivo actuaba como trampa, al realizar el nematodo parte del ciclo se realiza dentro del sistema

radicular del cereal y al ser tan grande el ataque, terminaba matando a la planta antes de que al parásito le diera tiempo a completar su ciclo. En este trabajo se estudió la resistencia de 97 cultivares de trigo, cebada, avena, centeno y triticale, resultando la mayoría de ellos susceptibles en distinto grado, excepto 9 cultivares de avenas.

En los años 70 se introdujeron en España las nuevas variedades seleccionadas fruto de la revolución verde, y se produjeron también apariciones de enfermedades y plagas que tenían una incidencia muy baja en estos sistemas, conociéndose el resurgir de la roya (*Puccinia* sp.) con el cultivar de trigo 7 Cerros. Dicha especie, tenía un alto rendimiento y por tanto fue un cultivar muy extendido por todos los secanos españoles, hasta que a finales de la década de los 70 se comprobó de forma dolosa la sensibilidad a la roya, lo que supuso grandes pérdidas a muchos agricultores.

En estos momentos en muchas zonas cerealistas del secano español están preocupados por la polilla del cereal (*Cnephasia pumicana*), este insecto causó daños considerables en los años 70 en España (García-Calleja, 1976), coincidiendo con la entrada de nuevas variedades. Posteriormente dejó de ser considerada como plaga, hasta que en el año 2002 aumentaron las poblaciones causando daños considerables en la zona de Castilla-León. La solución planteada a este insecto ha sido la lucha química (Armendáriz et al. 2006), sin embargo la causa principal de su aparición es el monocultivo de cereal. La introducción de insecticidas en estos sistemas no sólo supondría un aumento de los



costes de producción, que ya se encuentran en el límite de la rentabilidad, sino la alteración del equilibrio biótico del sistema.

También se dan de forma esporádica situaciones de plagas o enfermedades que son debidas principalmente a condiciones ambientales. A finales de los años 80, hubo un aumento de las poblaciones del mosquito del trigo (*Mayetiola destructor*), en la mayoría de los cultivares de cereales de Castilla-La Mancha y Extremadura, que supuso la aprobación de diferentes proyectos para su estudio. La plaga había desaparecido, prácticamente, en el trascurso de dos años, habiendo sido parasitadas las pupas de *Mayetiola* por diferentes organismos.

Los hongos *Heminthosporium* sp. u odio de los cereales, aparecen frecuente en los cultivares de cereales, pero son escasos los trabajos que demuestran que sean causa de perdidas de cosecha, además también se asocian a densidades de siembra altas e inviernos suaves.

En las condiciones ambientales del secano español, que se consideran como factor limitante de la producción agrícola, se puede hacer la lectura positiva de que, tanto las bajas temperaturas de invierno, y las temperaturas superiores a los 35 °C en verano, limitan la actividad de los organismos patógenos a escasamente un mes, por ello, si se emplean rotaciones de cultivo que rompen los ciclos de los parásitos, la situación de plagas o enfermedades en estos sistemas son una pura anécdota.





IV. La Biodiversidad del PAISAJE

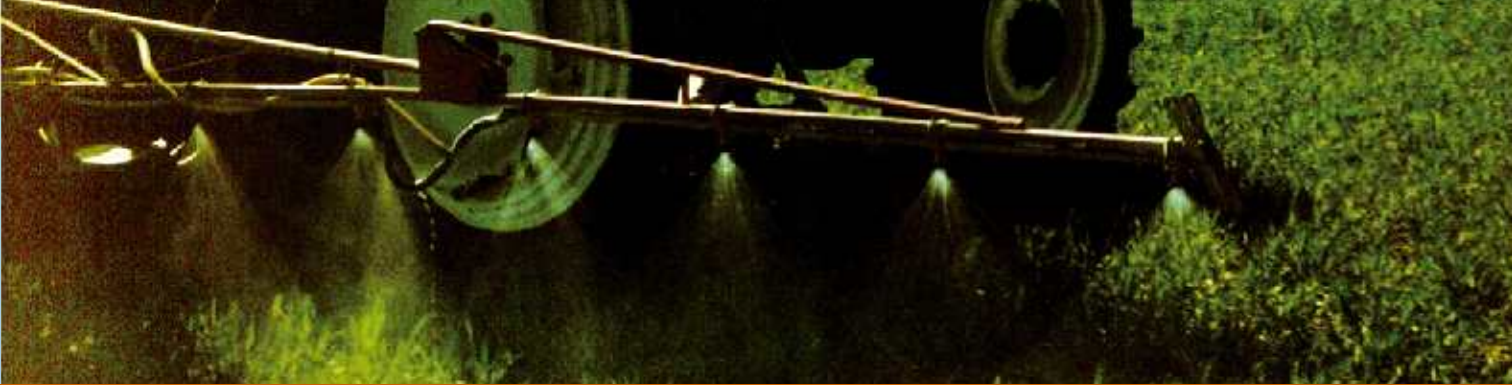
El manejo de los agrosistemas no se restringe solamente a la conservación de ciertos elementos en el paisaje que aumente la diversidad del mismo, sino también a la creación y fomento de nuevos hábitats. La presencia de nuevos cinturones de vegetación (setos) que une hábitats naturales dentro del paisaje agrícola sería una técnica eficaz para incrementar la biodiversidad. En cualquier caso el mantenimiento y creación de setos implica un cambio en la mentalidad de los agricultores que contemplan estos sitios como sumideros de

plagas a partir de los cuales se produce la invasión del cultivo. Esta consideración queda en entredicho al existir varios estudios científicos que demuestran la eficiencia de setos en la agricultura. Un ejemplo de ellos, es el estudio de (Borioni et al., 1998) realizado en Italia donde se analizaron varios setos de diversas especies forestales autóctonas de la provincia de Bologna demostrándose la importancia de éstas en el control natural de poblaciones de insectos fitófagos.

Además poseen otras funciones como el propio ahorro hídrico y protección contra la erosión y las inundaciones, la regulación térmica, así como la protección mecánica, refugio para fauna auxiliar, aislamiento frente a contaminantes y reciclado de nutrientes.



La presencia de nuevos cinturones de vegetación es una técnica eficaz para incrementar la diversidad de artrópodos, predadores, aves, que a su vez controlan plagas y enfermedades de nuestras plantas cultivadas.



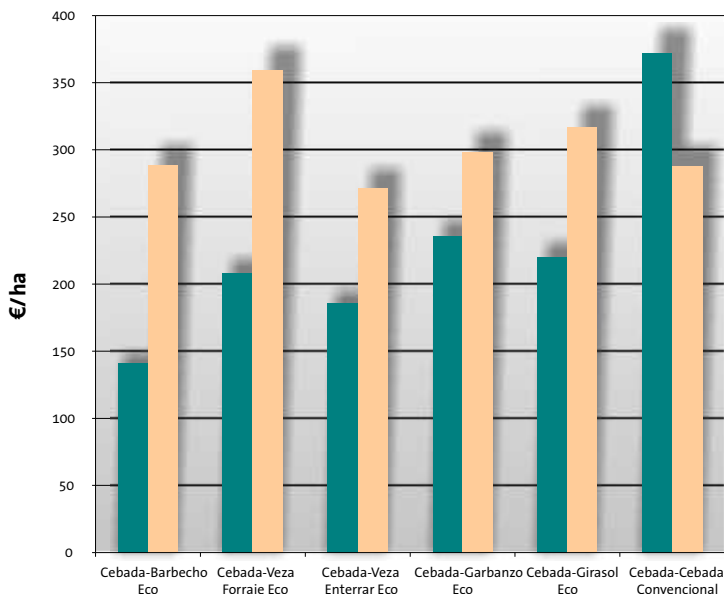
V. Costes ECONÓMICOS y ENERGÉTICOS

En nuestros ambientes semiáridos la agricultura de secano, tiene una baja productividad que alcanza escasamente los 2.500 kg/ha de cebada y otros cereales, debido a que la eficiencia de los agroquímicos es pequeña por la distribución y la escasez de las lluvias.

Basado en los resultados de 12 años de trabajo en la finca “La Higuera” comparando diferentes rotaciones ecológicas de la cebada con el sistema convencional de monocultivo de cereales, se ha realizado un análisis económico y energético de los sistemas ecológicos y convencionales de producción de cereales de secano.

1. Economía

El análisis económico realizado de 12 años de investigación comparando varias rotaciones ecológicas con el monocultivo del cereal que se practica en la agricultura convencional, arroja que los costes de producción de las diferentes rotaciones ecológicas son menores que en el sistema de monocultivo convencional. Además, mientras que el ingreso bruto obtenido por el sistema convencional arroja pérdidas, en todas las rotaciones ecológicas se obtuvieron beneficios, especialmente fue importante en la rotación cebada-veza, destinada a la producción de forraje esta última (Gráfico 10).



- Coste medio (€/ha/año)
- Ingresos totales (€/ha)

Gráfico 10. Costes e ingresos de alternativas de cultivos ecológicos y convencionales¹.

¹En los cálculos económicos se han considerado todos los gastos incluyendo la mano de obra. Para el caso de las subvenciones al cereal se ha realizado considerando el pago único para una explotación media dedicada a este cultivo. El valor de venta del cereal ecológico fue de 0,18 €/kg y el de convencional 0,12.

- Subvenciones AE/ha
- Subvenciones PAC €/ha/año
- Ingresos por venta (€/ha/año)

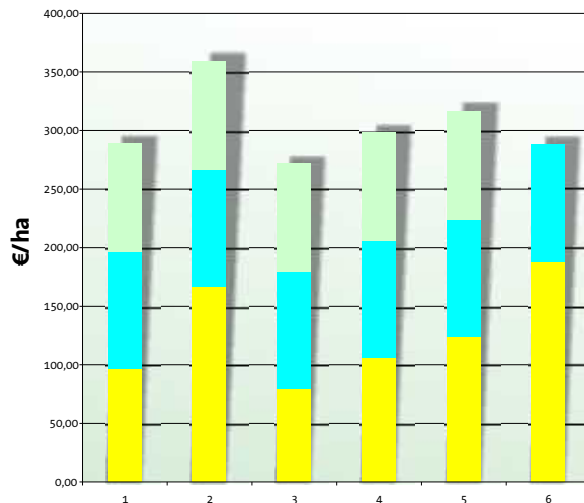


Gráfico 11. Composición del ingreso de alternativas de cultivos ecológicos y convencionales.

Los mayores beneficios obtenidos en las rotaciones ecológicas estuvieron relacionados con el menor coste, pero también a las ayudas agroambientales recibidas, pues el ingreso por producción fue superior en el sistema convencional, aunque no muy diferente al sistema ecológico de rotación cereal-veza para forraje (Gráfico 11). La diferencia en el precio de venta del cereal ecológico en relación con el convencional fue de un 33% a favor del primero.

La distribución de los costes de producción que se muestra en el Gráfico 12, indica que en los sistemas ecológicos la mecanización fue la partida principal, representando por lo general más del 50% del coste. Se destaca que el mayor coste del sistema convencional, en relación a los ecológicos, fue los gastos en fertilizantes (incluido en el apartado de capital fungible junto con las semillas). Se debe señalar que este insumo en los sistemas de secano con baja precipitación, no obtienen la misma respuesta productiva que en zonas con mayores precipitaciones, como se había indicado con anterioridad.

Este estudio económico señala la oportunidad que brinda el cultivo ecológico de cereal en los sistemas de secano para desarrollar una explotación rentable, a la vez que se protege el medio ambiente y se producen alimentos de calidad.

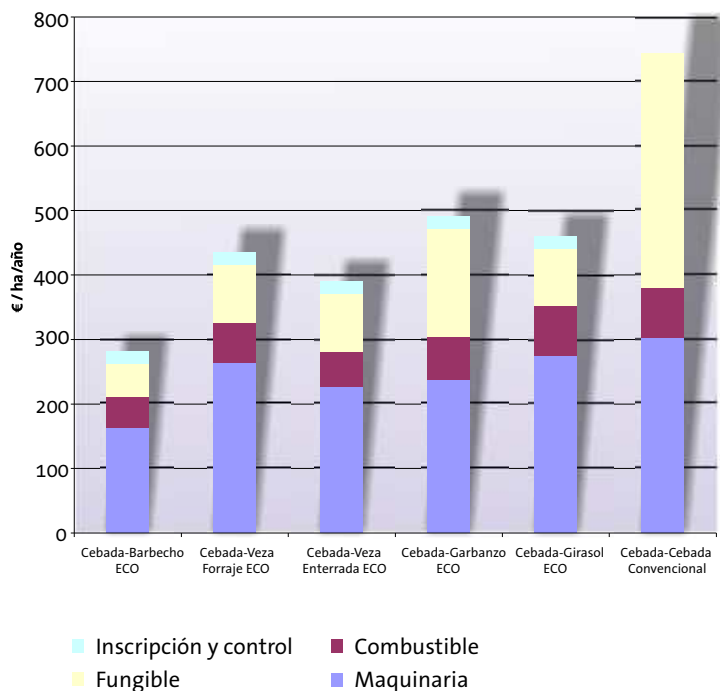


Gráfico 12. Composición del gasto de alternativas de cultivos ecológicos y convencionales.





2. El coste energético

Considerando la dependencia que tienen los sistemas productivos de fuentes de energía no renovables como el petróleo, el encarecimiento de este, su no lejano déficit y la relación que existe entre el uso de la energía fósil y el cambio climático, hacen que los análisis de coste energético de los sistemas productivos adquieran especial relevancia.

El coste energético que se presenta se refiere al uso de energía no renovables, referido a su equivalente petróleo. Por tanto el coste energético refleja tanto el uso de la energía

petróleo directa (combustible) o indirecta, el petróleo necesario para la fabricación de la maquinaria, los abonos, pesticidas, herbicidas, etc.

Lacasta y Meco en 2001, decían que el coste energético de la producción convencional era tres veces superior a la producción ecológica, como se puede observar ahora en 2005 las diferencias han aumentado (Tabla1). Como se muestra en esta tabla, el sistema convencional de producción de cebada antes descrito es más costoso, desde el punto de vista energético, que los ecológicos, debido principalmente al uso de fertilizantes químicos, que suponen más del 60% del total del coste energético del cultivo convencional.

Tabla 1. Consumo energético en MJ en diferentes rotaciones

Rotaciones	Rotaciones ecológicas					Rotación convencional
	Cebada Barbecho	Cebada Veza Forraje	Cebada Veza Enterada	Cebada Garbanzo	Cebada Girasol	Cebada Cebada
Maquinaria	310	471	438	517	595	809
Combustible directo	3.633	4.876	4.254	5.975	6.405	6.118
Fungible (1)	1.807	2.807	2.807	3.007	1.819	22.943
TOTAL	5.750	8.154	7.500	9.499	8.819	29.870
MJ año/ha	2.875	4.077	3.750	4.750	4.409	14.935
Consumo relativo	1,00	1,42	1,30	1,65	1,53	5,20
kg petrdeo/ha/año (2)	66,09	93,72	86,20	109,18	101,37	343,33

(1) Semillas + agroquímicos, (2) 1 kg de petróleo = 43,5 MJ

La Agricultura Ecológica, por tanto, al no usar agroquímicos puede reducir el coste energético en un 60% y las emisiones de CO₂ que se producen con su fabricación. El uso de residuos tanto ganaderos como agrícolas, hace que la Agricultura Ecológica actúe como un sumidero de carbono, frente al suelo cultivado en la agricultura convencional que es una fuente de emisión de CO₂. La agricultura ecológica contribuye activamente en la reducción de las emisiones de CO₂ de un país.

BIBLIOGRAFÍA.

- ALBA DE, S., (1997)** Metodología para el estudio de la erosión en parcelas experimentales: relaciones erosión-desertificación a escala de detalle. *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación. Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Geoforma ediciones*. Logroño, pp 259-293.
- ALTIERI, M. 1999.** Agroecología. *Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial: Nordan-Comunidad. 338 pp
- ALFONS DOMÍNGUEZ GENTO, (2002).** *Diversidad vegetal en Agricultura Ecológica*. Editada, Phytoma España, S.L. 132 pp.
- BELLO, A. y LÓPEZ-FANDO, C., (1993).** *Los nematodos del suelo indicadores de la degradación de un xeralf*. En J. Gallardo (ed.) *El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Salamanca, Tomo I: 419-426.
- BENAIGES, C. (1964)** *Agricultura productiva: Técnicas coordinadas para lograr mayores cosechas y mejores tierras*. Ministerio de Agricultura; Madrid. 854 pp.
- BROWN, L.R. (1997)** *¿Podemos aumentar los rendimientos de los cereales con la suficiente rapidez?* World Watch, nº 4, 8-17.
- CARRASCO, J. (1997).** *Influencia de diferentes sistemas de laboreo en las propiedades físicas y químicas de un Luvisol cálcico de la meseta central de España*. Tesis doctoral, ETSIA, Universidad Politécnica, Madrid, 295 pp.
- CPRH - COMITÉ DE PREVENCIÓN DE RESISTENCIAS A HERBICIDAS.(1999)** *La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas*. Sociedad Española de Malherbología. Triptico divulgativo.
- FERNÁNDEZ-PASCUAL, M., DE MARIA, N., DE FELIPE, M.R. (2002).** *Fijación biológica de nitrógeno: Factores limitantes*. En Fernando Valladares (editor) *Ciencia y Medio Ambiente*. CSIC, España. 195-202.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C., GÓMEZ FERNÁNDEZ-MONTES, A.J. (1984).** *Análisis energético de la producción de cereales en la región central*. An. INIA. nº, 25; 41-54.
- GARCÍA MURIEDAS, G., ESTALRICH, E., LACASTA, C., MECO, R. (1997).** *Efecto de las rotaciones de cultivos herbáceos de secano sobre las poblaciones de la flora arvense*. Actas, Congreso Sociedad Española de Malherbología, Valencia, pag. 33-36.
- GASCO, J.M., (1991).** *Papel de las practicas agrícolas, sobre la fertilidad y conservación del suelo*. I Jornadas sobre Agricultura Eco-compatible, Ponencias. Badajoz, 61-73.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ P, ORDÓÑEZ FERNÁNDEZ R. 1997.** *La fertilización en el laboreo de conservación*. *En Agricultura de Conservación: Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos*. Eds. L García Torres y P González Fernández. Publicado por la Asociación Española Laboreo de Conservación/Suelos Vivos: 75-104
- HERNANZ J. L., V. S. GIRÓN, C. CERISOLA, L. NAVARRETE, C. FERNÁNDEZ-QUINTANILLA. 1992.** *Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos extensivos*. An. INIA Vol 7 (2): 209-225.
- HOWIESON, J.G., O'HARA, G.W. Y CARR, S.J. (2000):** "Changing roles for legumes in Mediterranean agriculture: developments from an Australian perspective". *Field Crops Research* nº 65, 107-122.
- LABRADOR J. (2002).** *Aproximación a las bases técnicas de la agricultura ecológica*. *En Manual de Agricultura y Ganadería Ecológica*. Eds J. Labrador, J.L. Porcuna y A. Bello. Editado EUMEDIA: 17-36.

- LACASTA, C., OLIVER, S., MESEGUER, J. (1988)** *Estudio agroclimático de cereales y leguminosas de Santa Olalla, Toledo. Avances sobre investigación en bioclimatología.* CSIC. 195-201.
- LOPEZ-FANDO, C., (1991).** *Degradación de un Xeraf sometido a distintas técnicas agrícolas.* Tesis Doctoral E.T.S.I.A., Universidad Politécnica, Madrid, 223 pp.
- LOPEZ, A. SANTAOLALLA, Mc. PALACIOS, J. VIDAL, M. (1996).** *Prácticas de fertilización agrícola, medioambientales.* Rev. Agricultura. 486-488
- MECO, R. ; LACASTA, C. (1996).** *El método Benaiges para el control de hierba espontáneas en secano.* Agricultura, nº 771. 855-858.
- NOGUEROLAS, C., ZARAGOZA, C. (1999)** *Buenas prácticas agrícolas para el control de malas hierbas en agricultura ecológica.* Fernández Quintanilla, Garrido y Zaragoza (Ed). *Control integrado de malas hierbas.* 185-205.
- PORTA, J., LÓPEZ-ACEVEDO M., ROQUERO C. (1999).** *Edafología para la agricultura y el medio ambiente.* Mundi Prensa: 849 pp.
- POZUELO, J.M. y DE FELIPE, R., (1995)** *Rotación cereal-leguminosas.* Lacasta (Ed.). *Investigaciones sobre el secano en Castilla-La Mancha,* CSIC. 14-15.
- PUIG, M. H. (1979).** *Factores que afectan la respiración y la capacidad fijadora de nitrógeno de suelos con paja incorporada.* INIA, Ministerio de Agricultura, España. 246 pp.
- RODRÍGUEZ, C., SEVILLANO, F., SOBRAMANIAM, P. (1985).** *La fijación de nitrógeno atmosférico. Temas monográficos* CSIC-Diputación de Salamanca, 71 pp.
- SÁNCHEZ, A., CUADRA, L., GARCIA-ALVAREZ, A., BENITEZ, M. (1995)** *Reforestación.* Lacasta (Ed.) *Investigaciones sobre el secano en Castilla-La Mancha.* CSIC, 52-53.
- VALERA, F., REY, P., MARTINEZ, A., ALCANTARA, J. (1999)** *El uso de herbicidas y la conservación del medio ambiente: efectos sobre la flora y la fauna.* Fernández Quintanilla, Garrido y Zaragoza (Ed.). *Control integrado de malas hierbas.*, 23-35.
- ZARAGOZA, C., AIBAR, J., CAVERO, P., CIRIA, P., CRISTÓBAL, M.V., DE BENITO, A., GARCÍA MARTÍN, A., GARCÍA MURIEDAS, G., HERNÁNDEZ, J., LABRADOR, J., LACASTA, C., LAFARGA, A., LEZAUN, J.A., MECO, R., MOYANO, A., NEGRO, M.J., SOLANO, M.L., VILLA, F. Y VILLA, I. (2000)** *Manejo ecológico de agrosistemas en secanos semiáridos. Resultados de doce ensayos sobre fertilización y escarda. Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio.* Actas del III Congreso SEAE, 75-82.

Carlos Lacasta Dutoit

Consejo Superior Investigaciones Científicas. Centro de Ciencias Medioambientales. Finca Experimental "La Higuera", 45530 Santa Olalla. Toledo. España.
E-mail: csic@infonegocio.com

**Servicio de Asesoramiento
a los Agricultores y Ganaderos Ecológicos**
Dirección General de Agricultura Ecológica
asesoriaecologica.cap@juntadeandalucia.es



JUNTA DE ANDALUCÍA
CON SEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

Andalucía
al máximo