

## Eficiencia en el cultivo del cereal de secano Una visión crítica de la situación actual

**Carlos Manuel Lacasta Dutoit**

CSIC. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Finca Experimental "La Higuera" 45530 Santa Olalla. Toledo. España: [c.lacasta@mncn.csic.es](mailto:c.lacasta@mncn.csic.es)

La producción de los cultivos de secano presentan costes de producción que en ocasiones está por encima de los valores de venta, la posible salida de esta situación se encuentra, bien en reducir los costes de producción o diferenciar el producto, de forma tal que se logre obtener un precio premio por las cosechas o intentar conseguir compensaciones por los servicios ambientales desarrollados (Lacasta y Meco, 2009 y García-Trujillo *et al.*, 2011).

Para encontrar la solución al problema primero hay que entenderlo, para ello se ha utilizado el análisis DAFO que es una metodología muy utilizada en los últimos 40 años para conocer la situación de una empresa, un proyecto, una organización o un sistema agrario. Para ello se analiza sus características internas (**Debilidades** y **Fortalezas**) y su situación externa (**Amenazas** y **Oportunidades**), su objetivo es determinar las ventajas competitivas y la estrategia a emplear que más convenga en función de sus características propias y de las del mercado.

Los datos que se emplean en este trabajo se han obtenido de los anuarios estadísticos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y de la Finca Experimental "La Higuera". En algunas figuras se emplean medias móviles de tres años para atenuar la diversidad de la información y ver mejor la tendencia, el dato del año es el valor medio del año anterior, el actual y el posterior. La mayoría de los resultados y material y métodos empleados tiene su referencia más detallada en la bibliografía relacionada al final de esta comunicación.



La subida de los precios de los insumos agrícolas conjuntamente con el estancamiento del precio de los productos agrícolas percibido por los agricultores hace que en estos momentos la rentabilidad de las producciones de cereal del secano esté en crisis. Paisaje donde se encuentra la Finca Experimental "La Higuera" del MNCN-CSIC, donde se desarrollan los experimentos de larga duración que han generado los resultados que se exponen en este trabajo.

## Debilidades

Una característica muy importante en zonas áridas y semiáridas es la variabilidad interanual y anual de la pluviometría. Es esta variabilidad, no la baja pluviometría, la que representa el mayor reto para la productividad de estos sistemas agrícolas (Fig. 1), la cual afecta a los rendimientos de los cultivos y a su variabilidad de rendimientos, generando un modelo de diente de sierra (Fig. 2), típico de estos ambientes. De lo que se deduce que en estos agrosistemas exista una baja eficiencia de los fertilizantes químicos, riesgos de contaminación por nitratos con las precipitaciones de otoño, al no haber sido utilizados por la cosecha anterior y baja eficiencia económica y energética (Lacasta, 2010 y Moreno, 2012).

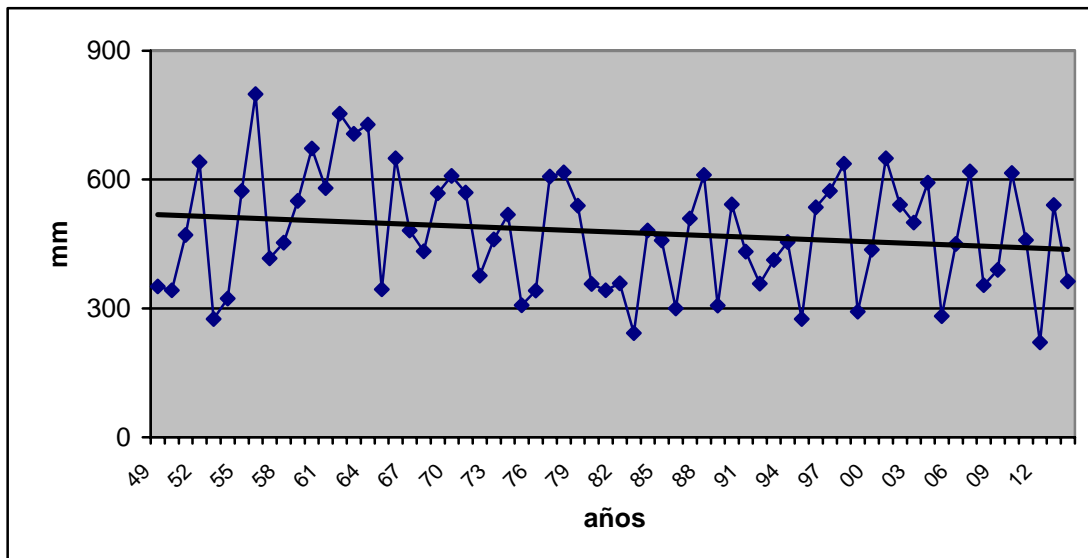


Fig. 1. Evolución de las precipitaciones a lo largo de los últimos **65 años** (1949-2014). En Santa Olalla, Toledo. Donde se observa el aumento de años secos en los últimos años.

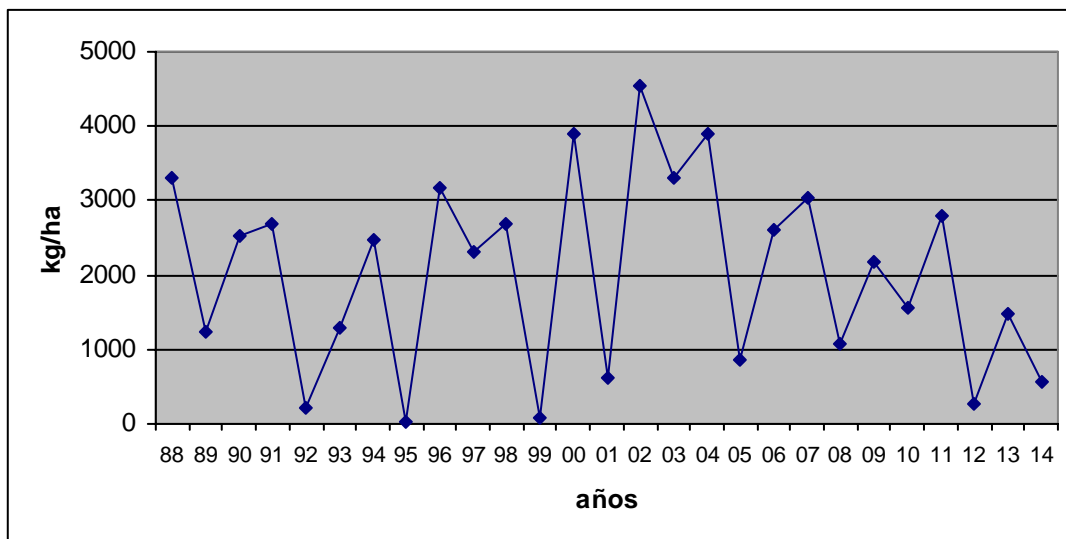


Fig. 2. Evolución de los rendimientos de cebada en rotación con otro cultivo de los últimos **27 años** en la finca Experimental La Higuera, donde se aprecia el modelo de diente de sierra de las producciones de los agrosistemas semiáridos, por lo que muchos años los fertilizantes no son utilizados por los cultivos suponiendo un perjuicio en el balance económico y un daño ambiental como contaminante.

Esta variabilidad en los rendimientos, hace que la eficiencia de los insumos, gasoil, fertilizantes y herbicidas, sea muy baja la mitad de los años, y si a esto le unimos el aumento de sus costes, hace que cada vez sea más difícil tener años con balances económicos positivos. El gasoil agrícola ha registrado fuertes incrementos de precios especialmente en los últimos 15 años, el incremento medio ha sido de 4 céntimos/litro y año (Fig. 4). Los fertilizantes han tenido una evolución parecida (Fig. 5), que ha provocado que a partir del año 2004 se haya reducido la compra de fertilizantes por los agricultores a un ritmo entre un 7 y 11% anual, sin embargo el gasto se ha incrementado exponencialmente a partir del año 2006, lo que indica que la reducción de las compras que se vieron forzados a realizar los productores no les permitió disminuir el gasto en fertilizantes (Fig. 6) y como el precio del grano de cereal prácticamente se ha estancado desde los años 80, hace que la viabilidad económica de estos agrosistemas de cereales este cuestionada.

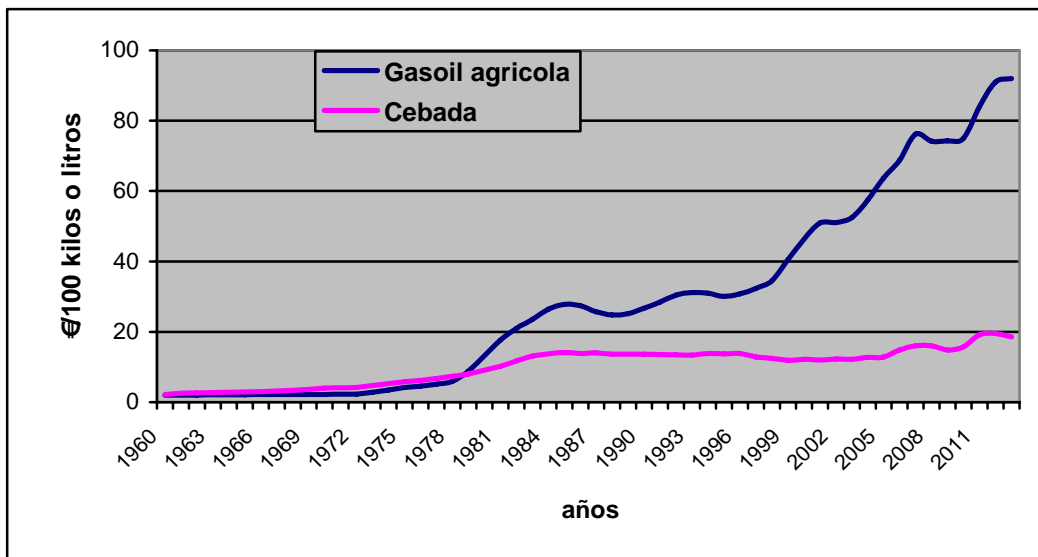


Fig. 4 Evolución de los precios (medias móviles) del gasoil y del grano de cebada de los últimos **55 años** (Fuente MAGRAMA), donde se observa que mientras en los años 70 el litro de gasoil costaba un kilo de grano de cereal ahora cuesta cinco.

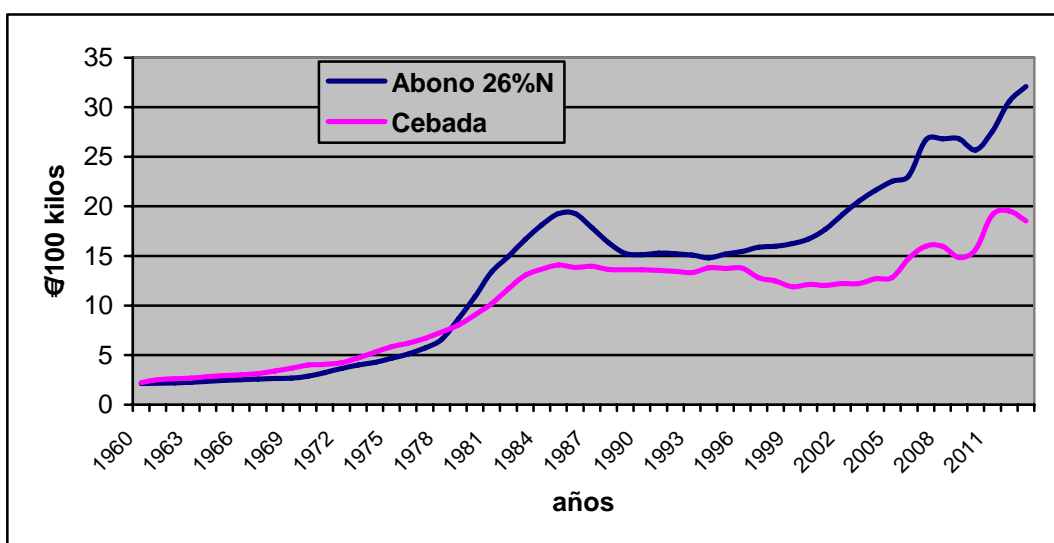


Fig.5 Evolución de los precios (medias móviles) de un abono nitrogenado y de grano de cebada de los últimos **55 años** (Fuente MAGRAMA), donde se aprecia que mientras en los años 70 el kilo de abono costaba un kilo de grano de cereal ahora cuesta dos.

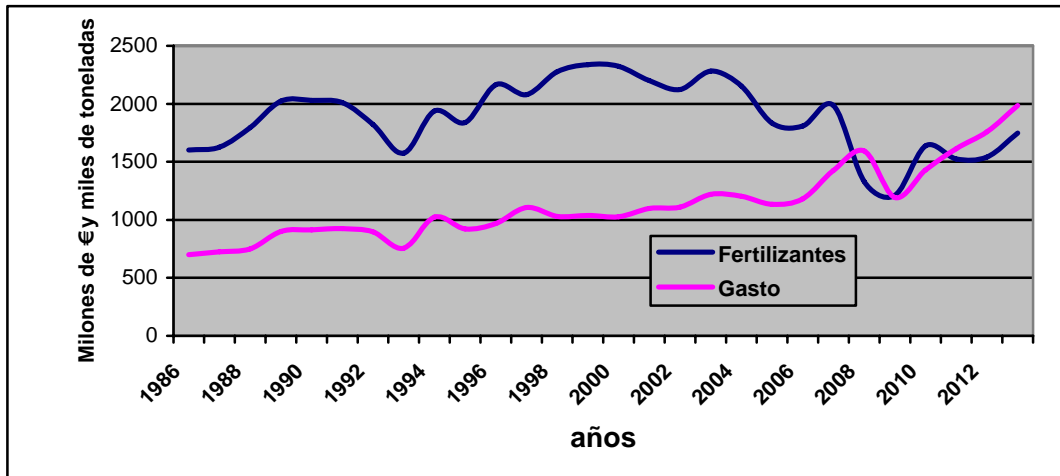


Fig.6 Evolución del consumo de fertilizantes en España y su coste en euros (Fuente MAGRAMA), donde se aprecia como ha disminuido la compra de fertilizantes y en cambio ha aumentado el gasto en los últimos años.

Desde los años 70 ha ido creciendo la conciencia de que debe de haber una utilización eficiente de los recursos que se emplean en cualquier actividad productiva, El análisis energético, al realizarse al margen de las ayudas recibidas, pone al descubierto los manejos energéticamente más eficientes y por tanto más sostenibles y recomendables para cada región agroclimática (Moreno *et al.*, 2011). Al realizar este análisis (Fig. 7), se observa que el monocultivo de cereal es energéticamente muy poco eficiente ya que la rotación del cereal con barbecho con la mitad de energía obtiene la misma energía contenida en la cosecha que el monocultivo. Donde, principalmente, se encuentra el gasto energético es en los fertilizantes (60%). Los datos de rendimiento de cosecha así como los datos para el cálculo de los balances energéticos y económicos han sido obtenidos en la finca Experimental "La Higuera". Los valores medios de producción de 20 años de cebada, cuando va detrás de barbecho, han sido de 2.807 kg/ha (1.404 kg/ha/año) y de 1.361 kg/ha/año en monocultivo.

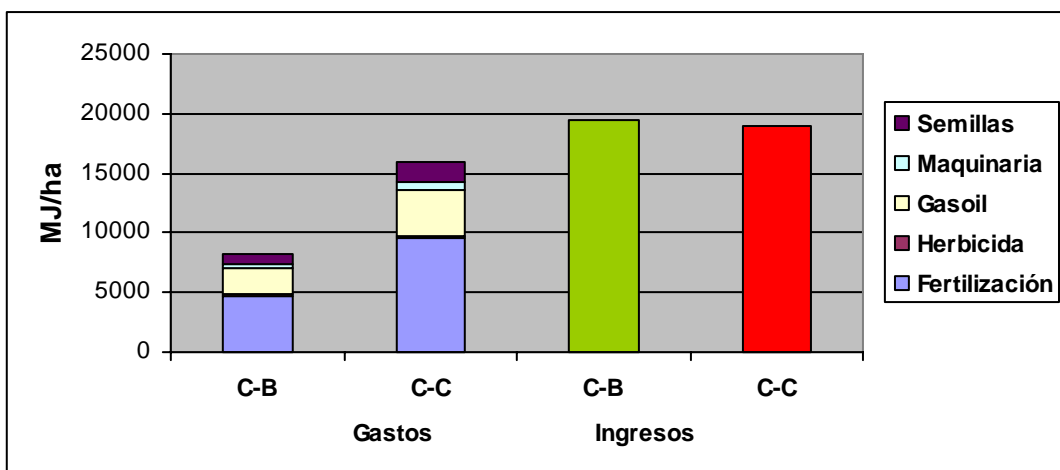


Fig. 7 Análisis energético de dos rotaciones: Cebada-Barbecho (C-B) y monocultivo de cebada (C-C), donde se observa que la rotación de año y vez (C-B) tiene una eficiencia con respecto al monocultivo de cebada del doble. Los datos están basados en la información de los últimos 20 años (1995-2014).

En el estudio económico (Fig. 8) se obtiene balances negativos para ambos manejos aunque en el caso del monocultivo las pérdidas superan los 300 €/ha También se ha comprobado que la estructura del gasto porcentualmente es igual para la mayoría de los manejos de cereales, el grueso de los gastos están en los fertilizantes (37%) y en las labores

(49%). Para el cálculo del coste del uso de maquinaria se ha empleado el método de amortización combinada, utilizada por el Centre d'Etude de la Mécanisation en Agriculture (CEMAG) del Ministerio de Agricultura de Bélgica y aplicado a nuestras condiciones por Arnal (2008). Este método incluye un valor variable denominado amortización por desgaste, según la utilización que anualmente se haga de la máquina y un valor fijo denominado amortización por desuso, para amortizar la depreciación que produce el paso del tiempo (obsolescencia técnica). De esta forma se consigue que dos máquinas iguales tengan distintos períodos de amortización según su uso, lo cual es lógico, ya que debe amortizarse antes la máquina que se usa más porque habrá que reponerla antes de la que se utiliza menos.

Muchos agricultores consideran en los gastos de maquinaria, solo los gastos variables (gasoil, reparaciones y mantenimiento) porque las maquinas o están amortizadas o ya están pagadas. Los gastos de amortización supone alrededor de la mitad de los gastos producidos por el uso de la maquinaria y los gastos de producción disminuirían en una tercera parte (34%). Pero aún respetando este error contable, el balance económico sigue siendo o muy bajo o negativo. Supondría en el caso que se analiza, que la rotación de año y vez tendría un balance positivo de 50 €/ha y el monocultivo seguiría perdiendo 200 €/ha. Se ha considerado para el cálculo, un tractor de 100 CV con un uso de 700 horas/anuales, no se incluye en el cálculo del coste de maquinaria, el gasoil porque lo utilizamos como una partida independiente, la mano de obra y el posible beneficio que se debería obtener del trabajo realizado, porque se considera que debe aparecer dentro de los beneficios finales y además porque sino los balances serian muchos peores. Tampoco se incluye como ingresos las ayudas PAC. Los precios que se han considerado para los cálculos han sido: el grano de cebada 0,18 €/kilo, el gasoil 0,90 €, para los fertilizantes se ha considerado 0,40 €/kg para el abono complejo y 0,34 €/kg para el abono nitrogenado, la proporción de NPK ha sido 80-40-20 por hectárea, si se quiere tener una información más detallada de los costes económicos de los cultivos del secano consultar el trabajo de García-Trujillo *et al.*, 2011.

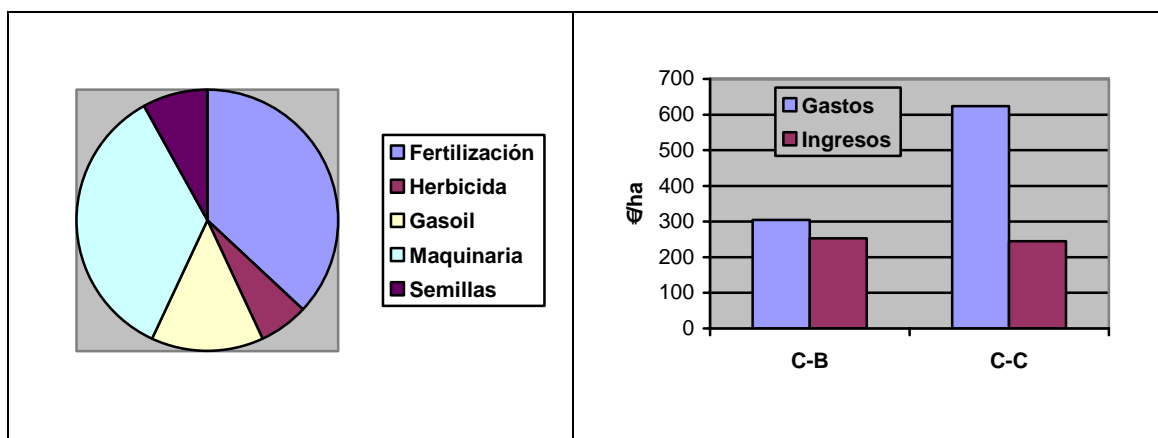


Fig. 8 Distribución del gasto económico en los agrosistemas de cereales y el balance de gastos e ingresos. Se observa que el 49% se gasta en las labores (maquinaria y gasoil) y el 37% en los fertilizantes y que los gastos superan a los ingresos, en las dos rotaciones.

Pero estos resultados de balances económicos negativos en los agrosistemas de cereales del secano español no son nuevos, en un estudio realizado en Castilla La Mancha por Fernández-Quintanilla y Gómez Fernández, hace 30 años, en 1984 concluían que en los secanos españoles los incrementos en la productividad agrícola mediante aportes adicionales de energía externa son muy pequeños y costosos, obteniéndose beneficios económicos, en muchos casos, negativos. Lo que pasa ahora es que esta situación se ha generalizado.

La Agricultura que se desarrolla ahora en España es producto de la llamada "Revolución verde" de los años 50 del pasado siglo impulsada por el agrónomo estadounidense Norman Borlaug que con ayuda de organizaciones agrícolas internacionales y con las perspectivas optimistas respecto a la erradicación del hambre y la desnutrición en los países subdesarrollados, genero un incremento de la productividad por el efecto de las nuevas variedades, el uso de fertilizantes químicos y a los biocidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.). Este aumento de la productividad no fue, sin embargo, tan beneficioso en los ambientes poco favorecidos como los áridos y semiáridos, los suelos ácidos o lugares muy calidos. Brown

(1997) en un estudio sobre los principales cereales en el mundo ponía de manifiesto que en muchos países habían llegado a su techo productivo concluyendo “Un país puede mejorar rápidamente sus cosechas de cereales, hasta que alcanza los límites ambientales y después ninguna cantidad de dinero, ingenio o fertilizante, logrará mejorar la producción” “Tanto Francia como China fueron capaces de cuadruplicar sus rendimientos de cereales en los últimos 50 años, pero EEUU, con toda su capacidad tecnológica, disponibilidad de fertilizantes y conocimientos agronómicos, no fue capaz de equiparar estos logros y en los últimos 10 años no ha conseguido mejorar los rendimientos” En España tuvo un comportamiento parecido a Estados Unidos pero con un retraso de unos diez años y la estabilización se produjo a finales de los 80. (Fig. 9).

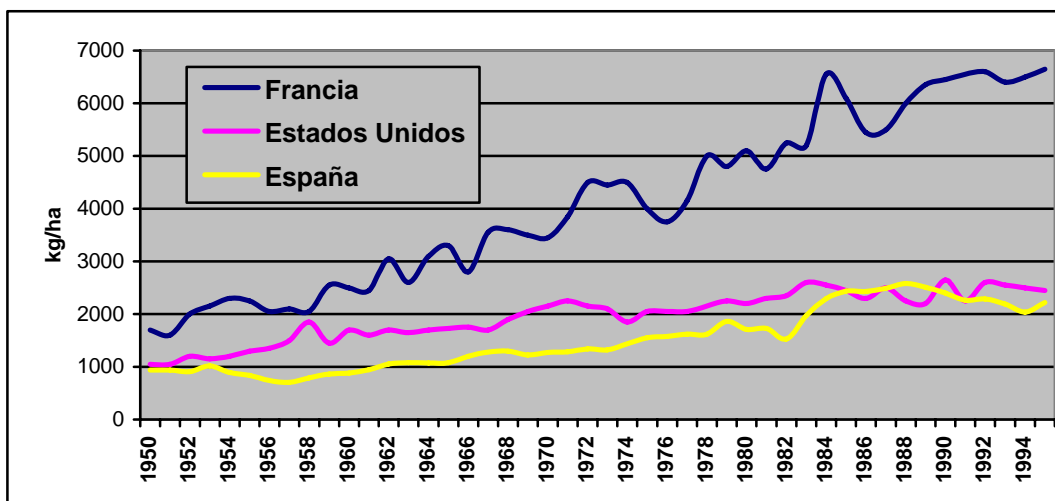


Fig. 9 Evolución de los rendimientos de trigo en Francia, EEUU y España, medias móviles, donde se aprecia que mientras en Francia se han cuadruplicado los rendimientos, en Estados Unidos y España se duplicaron y estabilizaron en la década de los 80, también se observa el retraso en España de unos diez años en la aplicación total del modelo productivo de la revolución verde.

Si observamos la figura 10, se comprueba, que la revolución verde aumento los beneficios llegando a un máximo en la década de los 80, esto fue debido al aumento de los rendimientos por hectárea y a que los insumos mantenían un precio proporcional a la subida de precios de los cereales. Poco a poco los insumos se disparan y los balances económicos van bajando hasta el momento actual que se hacen negativos. La renta de los agricultores se mantiene en la década de los 90 y primeros años de este siglo gracias a las ayudas PAC, pero ahora estas incluso hay que utilizarlas para compensar los costes de producción.

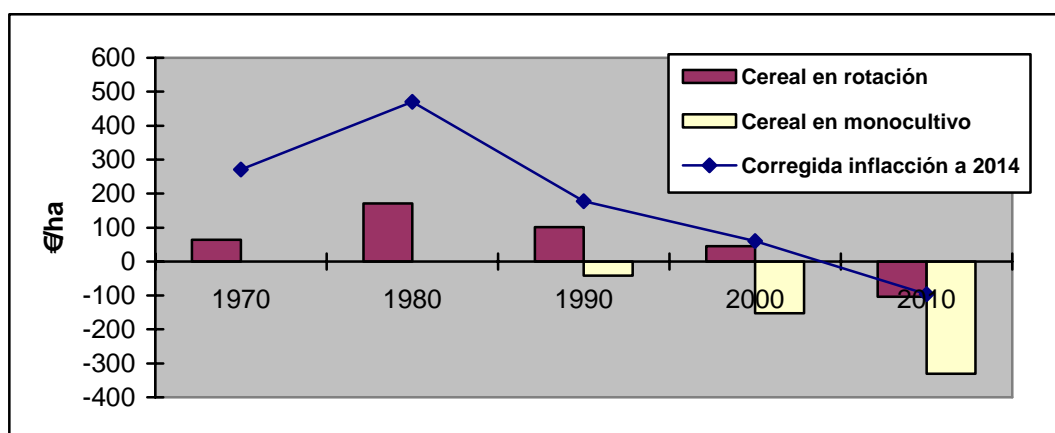


Fig. 10. Balance económico de un cultivo de cebada por décadas y hectárea en dos manejos, rotación cereal-veza forraje y monocultivo de cereal. Las décadas se contabilizan desde la mitad de una a la mitad de otra, 1955-64 será 1960 y así sucesivamente.

¿Ante esta situación que podemos hacer para mejorar el balance económico? Si no se puede aumentar los rendimientos de los cereales como ha ocurrido en los países húmedos, quedaría la opción de disminuir los gastos de producción. En los trabajos realizados en la finca Experimental "La Higuera" y contrastados con otros trabajos realizados en España se ha observado que el disminuir las labores no tiene un efecto negativo sobre la productividad en la mayoría de los suelos. (Fig. 11) y en cambio mejora las propiedades edáficas y por tanto la fertilidad potencial de los suelos. La disminución del laboreo supone un ahorro en los costes, como máximo de un 10%, insuficiente para conseguir un balance económico positivo (Lacasta, 2005). Pero esta disminución de los costes por laboreo queda la mayoría de las veces superado por el incremento de los costes de un tractor sobredimensionado donde el aumento de los gastos por amortización, consumo y mantenimiento, supone una sobrecarga en el balance económico superior al que se obtiene por disminución del laboreo. La otra opción sería disminuir los gastos de fertilizantes, pero aunque se está disminuyendo la cantidad de fertilizante, se sigue manteniendo el mismo gasto por el aumento de los precios.

### **Resumen de las debilidades:**

- Las condiciones ambientales del secano español hacen que los rendimientos tengan forma de diente de sierra haciendo que muchos años los gastos sean superiores a los ingresos.
- El aumento del precio de los insumos ha agravado el problema y ahora hay mayor superficie afectada, donde los ingresos medios son inferiores a los gastos medios de producción y en las zonas donde todavía los balances son positivos, los beneficios son pequeños y de baja capacidad competitiva porque los vecinos del norte obtienen el mismo producto (cebada, trigo, etc.) a un precio menor. De todos los manejos el monocultivo de cereal es el que tiene peor balance económico.
- No hay posibilidad de aumentar los rendimientos en el secano español que permitiera asumir los costes de producción y la disminución en la cantidad de fertilizantes y laboreo únicamente disminuye las pérdidas

### **Amenazas**

La amenaza es el cambio climático que acrecentará aún más los problemas. y quizá habría que hablar más de una realidad actual que de una amenaza futura.

Existe consenso entre la comunidad científica internacional de que nos encontramos en un cambio climático sin precedentes, y que éste es originado por las actividades humanas. El cambio climático se sabe que afectará a la agricultura, ya que el aumento de las concentraciones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera, hace que los estomas de las plantas se estrechen, por lo que se reduce las pérdidas de agua y mejora el rendimiento en el uso de ella. La cantidad de carbono fijado por las plantas a través de la fotosíntesis, se eleva en función de la intensidad lumínica y del incremento de la temperatura. Si además se añade el aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, el resultado tendría que ser un crecimiento de la biomasa producida y sin embargo en la mayoría del secano español, se produce la situación contraria porque el factor limitante, generado por el cambio climático en nuestros ambientes, es la disminución de las precipitaciones y el aumento de la demanda de agua por los cultivos debido a la mayor actividad fotosintética. Por el contrario, en los secanos más frescos españoles y sobre todo en los países europeos del norte, el incremento de las temperaturas, debido al cambio climático, supondrá un aumento de los rendimientos.

Todo esto ya está siendo observado. Cuando se analiza los rendimientos de los últimos 50 años (Fig. 11) en Santa Olalla (Toledo) se observa una disminución y una menor estabilidad en las producciones en los últimos años y con una tendencia a un menor rendimiento por hectárea. Las precipitaciones (Fig.1) como se comentaba anteriormente en los últimos años se ha observado un aumento de los años secos y mayor variabilidad. La temperatura aumento principalmente en primavera y verano, los valores medios de la temperatura del mes de abril y mayo se observa un aumento de 3°C en los valores medios de la media de estos dos meses (Fig. 12). Se han considerado estos dos meses porque son los que están más relacionados con el déficit y los rendimientos.



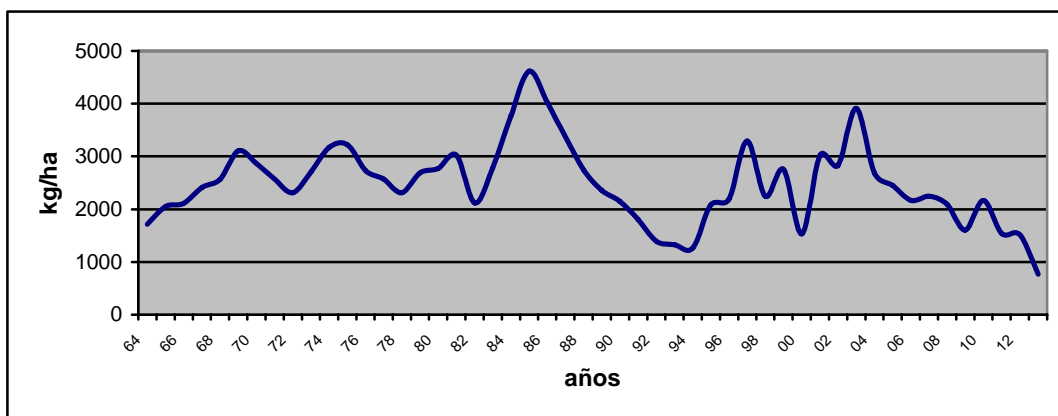


Fig. 11. Evolución de las producciones de cereal en rotación de 50 años, en Santa Olalla, Toledo (medias móviles de tres años), donde se observa una disminución y una menor estabilidad en las producciones en los últimos años y sobre todo en los últimos 10 años

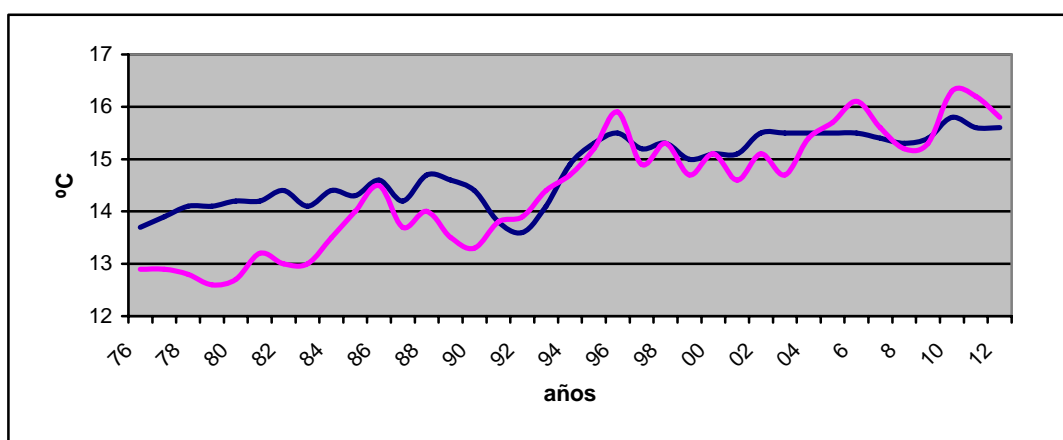


Fig. 12 Evolución de las temperaturas medias anuales y de los meses de abril y mayo a lo largo de los últimos 28 años (medias móviles). Se observa que ha habido un salto en los años 90 y después un aumento gradual. En estos momentos el aumento de las temperaturas medias anuales en los últimos 40 años es de 1,5°C y del doble en los valores medios de la media de los meses de primavera.

La precipitación anual en un principio se considera un factor de producción importante pero en los climas mediterráneos es más importante su distribución y su relación con el déficit de primavera. En la figura 13 se relaciona las precipitaciones anuales agrícolas (septiembre-agosto) con los rendimientos considerando los valores medios de 10 años. Se observa que la precipitación anual es muy semejante entre los valores medios de las décadas e incluso cuando se compara con las precipitaciones de los 10 años más productivos de los 50 años estudiados, en cambio, los rendimientos son muy diferentes yendo desde los 4.135 kg/ha de los 10 años más productivos a los escasos 2.000 kg/ha de los últimos 10 años. La diferencia está que mientras los 10 años más productivos prácticamente no tuvieron déficit, la última década tiene ocho años y tres de ellos con más de 100 l/m<sup>2</sup> (tabla 1).

#### Resumen de las amenazas:

- El cambio climático está produciendo un aumento de las temperaturas principalmente de primavera lo que exigirá más agua para cubrir la evapotranspiración y producirá un mayor déficit hídrico, a esto se une un aumento de la variabilidad pluviométrica con una mayor presencia de años secos. Estos cambios climáticos producirá una disminución de los rendimientos de los cereales del secano español y beneficiarán a nuestros vecinos con mayores disponibilidades de agua, por lo que la brecha en los rendimientos será mayor y empeorará la capacidad competitiva.



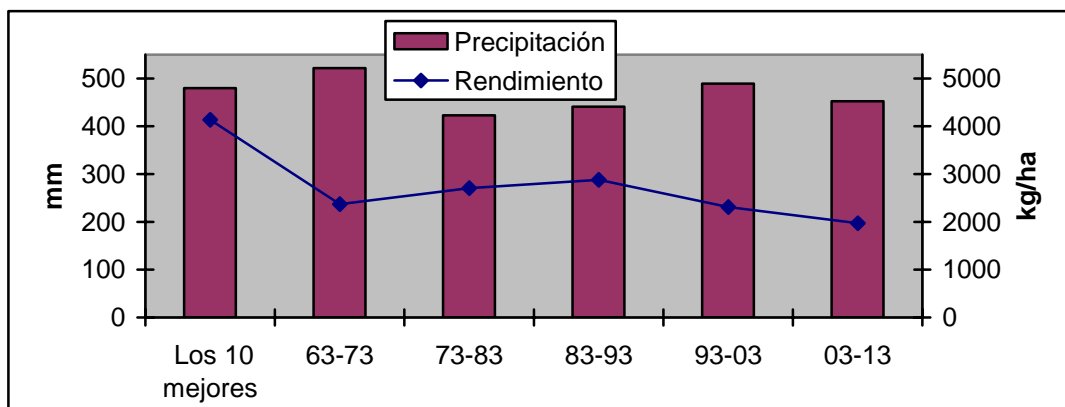


Fig. 13 Precipitación y rendimiento medio por décadas. El primer valor son los datos de los 10 años más productivos de los 50 años estudiados. Donde se observa la poca relación que hay entre precipitación total y rendimientos.

Tabla 1. Años y déficit hídrico que hubo en la última década comparándola con los 10 años más productivos de los últimos 50 años

Década	Distribución del déficit hídrico al 1 de junio en mm			kg/ha
	<50	50-100	>100	
10 mejores años	8	2	0	4135
03-13	2	5	3	1973

Nota: El método empleado para el cálculo del déficit hídrico ha sido el de TURC.

## Fortalezas

Es en las zonas áridas y semiáridas como las del secano español, donde se desarrolló y consolidó la cultura agraria de la humanidad actual. Los condicionamientos para el desarrollo de civilizaciones en estos ambientes ecológicos, están relacionados con el clima seco y favorable a la acumulación de nutrientes en el suelo, necesarios para el crecimiento de los cultivos.

Repasando la historia, se puede recordar como el granero del Imperio Romano eran lugares como Sicilia, Hispania y el norte de África, climas semiáridos, donde las temperaturas altas, la luz y la escasa, pero no ausente, precipitación en la época de cultivo, produce unas buenas condiciones que favorecen la vida del suelo y por tanto el reciclado de nutrientes, tanto de la materia orgánica, como del extracto mineral. Sin embargo, en aquellas épocas, la agricultura en la Galia y en Germania, se hacía difícil, simplemente porque hacía frío, llovía demasiado y con las herramientas de que entonces disponían (arado romano), los suelos se secaban mal y había por tanto poco aire y mucha agua (anaerobiosis), haciendo muy difícil la vida microbiana.

Todo sistema agrario necesita energía para vivir y cuanto más tenga, más productividad, en los países húmedos para aumentar la productividad se necesita aportes externos bien sea en forma de compost o fertilizantes químicos, en cambio en los secanos españoles se puede obtener esta energía del propio sistema.

En los agrosistemas de cereales de secano de zonas semiáridas, la paja supone más de la mitad de energía fijada por el sistema (fotosíntesis), por tanto, si ésta es incorporada al suelo será el substrato para los organismos que viven en él. La paja es un material particularmente adecuado para las bacterias fijadoras ya que además de servir como fuente de carbono y energía, produce durante su descomposición como consecuencia de su bajo contenido en nitrógeno, un déficit de este elemento en el suelo lo que da una ventaja competitiva a los fijadores. Se recomienda para tener una visión mejor de lo que ocurre en el suelo dos artículos publicados por esta misma revista Lacasta 2010 y 2013

## La respiración del suelo



Dada la dificultad de identificar todos los organismos que habitan en el suelo, es frecuente recurrir al estudio de su actividad global **midiendo la actividad respiratoria del suelo a través de la producción de CO<sub>2</sub>**. Para ello se controlan todos los procesos metabólicos que producen este gas, sean raíces o microorganismos. La actividad biológica, resulta fundamental para conocer el comportamiento de la materia orgánica y de los ciclos biogeoquímicos de los diferentes nutrientes.

La paja y los residuos de los cultivos en general son un problema en los ambientes húmedos, por la producción de fitotoxinas que generan la descomposición de los restos de cultivo. En los ambientes semiáridos donde se desarrolla los cultivos herbáceos de secano españoles, los resultados son muy diferentes, la paja aumenta la materia orgánica, el nitrógeno total y el potasio entre un 20 a un 40% (Pardo *et al.*, 2011 y Lacasta y Meco 2011).

El efecto de la temperatura es de gran importancia, la combinación de temperatura adecuada (20-25° C) y unas condiciones humedad del suelo suficiente es el ambiente propicio para la nitrificación de los residuos de cosecha. Desde un punto de vista práctico esta situación se da en el campo durante unas 6 semanas (septiembre-octubre) y excepcionalmente algunos años este periodo puede ser mayor si se producen lluvias en verano o si la tierra está de barbecho. La humedad afecta al crecimiento de las poblaciones de microorganismos y en la velocidad de descomposición de residuos vegetales en suelo. El desprendimiento de CO<sub>2</sub> desde el suelo aumenta con el contenido de humedad hasta un punto cercano a la capacidad de campo, después desciende y si el suelo llegada a la saturación se para por falta de aire.

El barbecho a través de la mineralización de la materia orgánica pone a disposición del cultivo siguiente unos 60 kg/ha de nitrógeno en forma de nitratos (Fig. 14), además de los demás nutrientes en forma asimilable, siendo suficientes para la producción de una cosecha de cereal de 2.000 kg/ha que es la producción media de la zona. Este proceso explica porque la rotación del secano más extendida, antes del uso de fertilizantes, fuera la rotación de cereal con barbecho (año y vez).

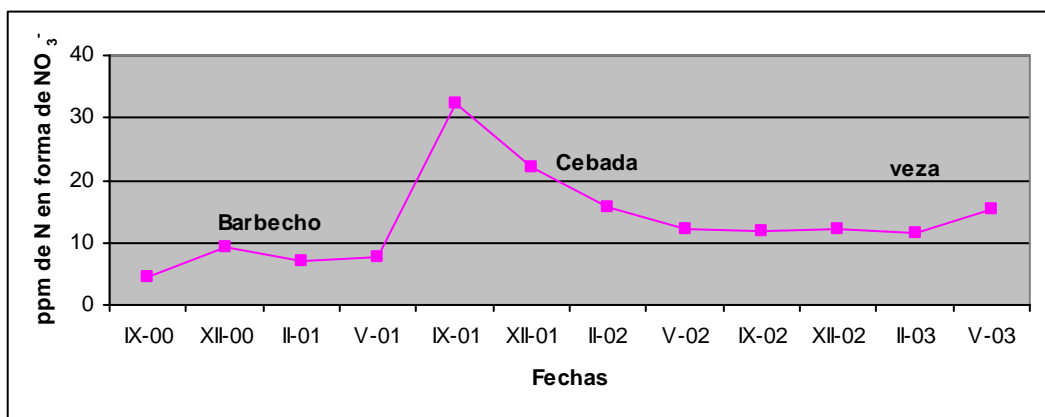
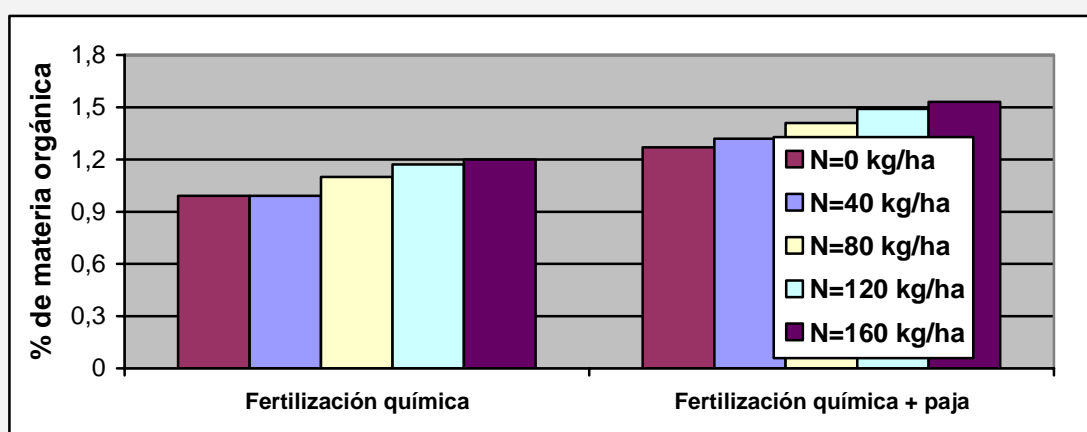
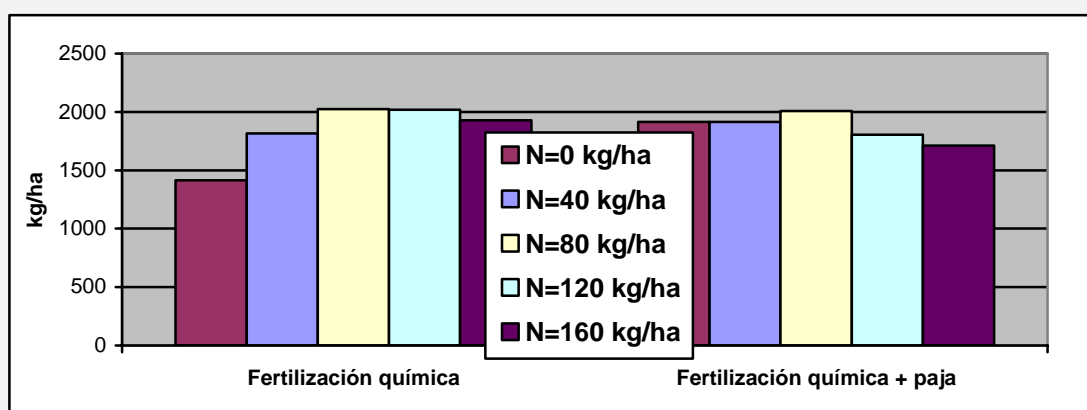


Fig. 14 Evolución del nitrógeno en forma de nitratos en una rotación barbecho-cebada-veza-trigo, donde se aprecia la inmovilización por un aumento de los microorganismos del suelo durante todo el barbecho, una vez agotadas las reservas de carbono se produce la liberación en verano-otoño y su posterior uso por el cereal, después con la siembra de la leguminosa se repite el ciclo de inmovilización y liberación.

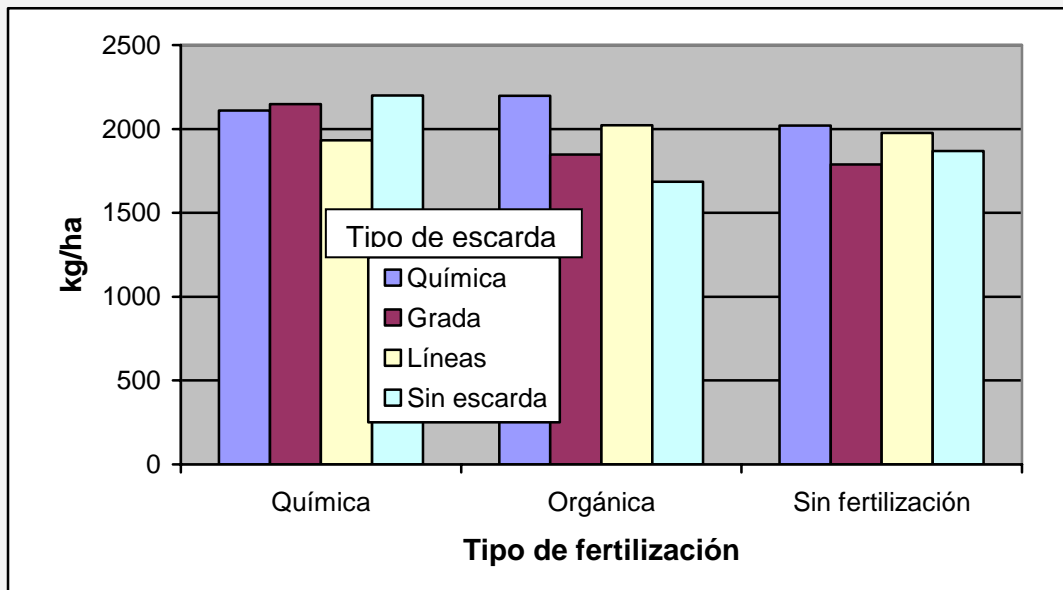
Al igual que un exceso de humedad disminuye la mineralización, cuando la cantidad de paja es elevada, el desprendimiento de CO<sub>2</sub> es menor. Estos resultados sugieren que el reciclado de nutrientes en los sistemas semiáridos de España es más rápido que en los ambientes húmedos europeos, porque los residuos de cosecha son mayores y las condiciones ambientales menos propicias para la mineralización, esto supone una ventaja para el desarrollo de una agricultura sin fertilizantes en nuestros ambientes. Pero para la gestión de esta fertilidad interna del sistema se necesita respetar los tiempos para el desarrollo de la vida edáfica y otro para los cultivos, esto se consigue con las rotaciones, con ellas también se puede gestionar el otro problema de los cultivos de cereales que es la competencia con las hierbas (Lacasta y Meco, 2011). Si no se utiliza agroquímicos y se respetan los recursos (biodiversidad y suelo), se está hablando de Agricultura Ecológica. A continuación se presenta un resumen de los resultados de los experimentos de la Finca Experimental "La Higuera" que demuestran que este es el manejo óptimo para los secanos españoles de ambientes semiáridos ya que usa los recursos adicionales necesarios para conseguir el máximo rendimiento biológico con la máxima eficiencia energética y económica.

**Efecto de la incorporación de la paja de cereal sobre los rendimientos de trigo y la materia orgánica del suelo con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado en una rotación sorgo-trigo-cebada (media 29 años)**



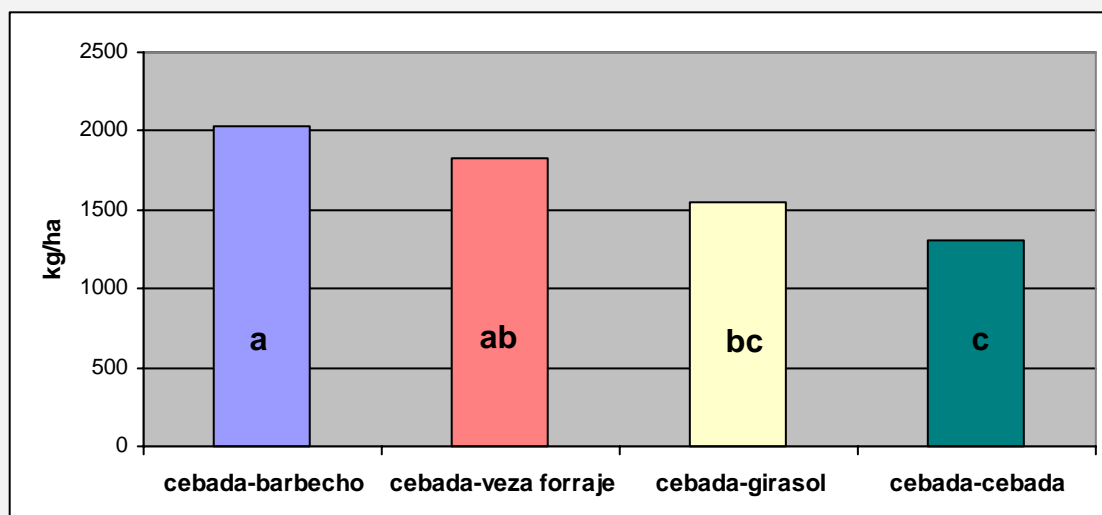
Hay un techo de producción de 2.000 kg/ha con una fertilización nitrogenada de 80 UFN, pero si se deja toda la paja de todos los cultivos de la rotación no sería necesario aplicar nitrógeno mineral al sistema ya que la disminución de cosecha solo sería del 9%. Pero el efecto sobre la mejora de la calidad del suelo es manifiesto, las parcelas sin fertilización nitrogenada pero con la incorporación de toda la paja de la rotación mantienen más materia orgánica y por tanto más energía en el suelo. Cuanto más nitrógeno tiene el sistema, más paja produce y más materia orgánica hay en el suelo, al ser mejor utilizada en las primeras fases de cultivo que es cuando hay agua, este mayor consumo hace que estas parcelas sufran antes en primavera el déficit hídrico y su mayor capacidad fotosintética no puede expresarse por falta de agua.

**Efecto de la fertilización y escarda en los rendimientos de cereal (media de 18 años) en una rotación barbecho-cebada-veza enterrada-trigo**



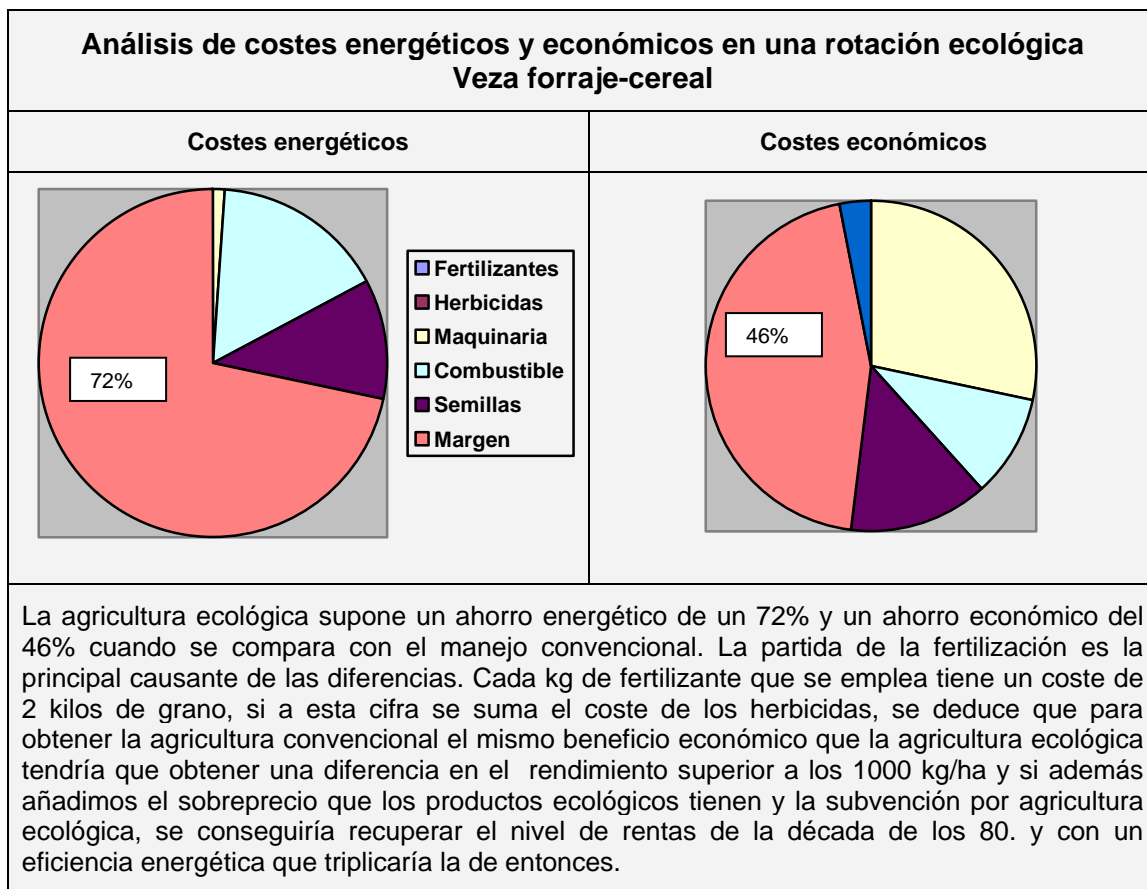
La rotación de cultivos, la paja de los cereales y la fijación de nitrógeno en los cultivos de leguminosas, puede ser suficiente para que los suelos mantengan la fertilidad y se produzca un control razonable de las malas hierbas. El tratamiento sin fertilización y sin escarda es el manejo más recomendable para estos ambientes, siempre y cuando se mantenga una rotación adecuada.

**Cereal ecológico en rotación y cereal convencional en monocultivo con fertilización y herbicida (media 21 años)**



Las letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas.

Cuando el cereal se cultiva ecológicamente sin aplicación de insumos, solamente con la mineralización de los residuos o bien con el nitrógeno fijado en las leguminosas, se observa que las producciones medias de cereal en rotación ecológica en 21 años de experimentación producen más que el monocultivo de cebada con fertilización y herbicida, un 55%, 42% y 18%,



#### Resumen de las fortalezas:

- Los secanos españoles pueden obtener la energía que necesita el sistema productivo del mismo agrosistema, mientras en los climas más húmedos debe ser aportada.
- Esto permite realizar agricultura sin aportes de insumos externos. La agricultura ecológica supone un ahorro energético de un 72% y un ahorro económico de los costes del 46% cuando se compara con el manejo convencional. Con esta agricultura se conseguiría recuperar el nivel de rentas de la década de los 80, y con una eficiencia energética que triplicaría la de entonces.

#### Oportunidades

Mientras nuestras posibilidades de competir con el resto de los países de UE, en agricultura convencional con agroquímicos esta abocada al fracaso, porque ellos tienen un medio ambiente más propicio para la eficiencia de los fertilizantes químicos, nosotros en cambio tenemos unas condiciones climáticas más propicias para el desarrollo de una agricultura de bajos insumos externos. Mientras a ellos le sale más barato producir un kilo de cereal convencional a nosotros nos sale más barato que a ellos producir de forma ecológica, ya que ellos tienen que seguir dependiendo de insumos externos para fertilizar sus campos, elevando sus costes y disminuyendo su productividad.

La UE, igual que los países con mayores rentas, están muy preocupados por los efectos adversos de la agricultura de altos insumos como son: contaminación, degradación, desertificación, salinización, crisis ecológicas, etc., esta teniendo sobre nuestro planeta, de ahí que las nuevas ayudas PAC se encaminen a mejorar la calidad de los alimentos, garantizar la inocuidad, asegurar la protección del medio ambiente, gestionar de forma sostenible los recursos naturales (reducción de emisiones, calidad del aire y agua, biodiversidad, hábitats naturales), ahorro energético, ....., fomentando estas medidas con un pago ecológico, para

aquellas prácticas que permitan un uso óptimo de los recursos naturales, una mayor diversificación de cultivos, mantenimiento de pastos permanentes y la conservación de las reservas ecológicas y de los paisajes. En la cumbre de todos los manejos respetuoso con la vida, la conservación, la sostenibilidad, el ahorro energético y la calidad de los alimentos, esta la Agricultura Ecológica.

Para algunos agricultores, la agricultura ecológica es como un retornar a la agricultura tradicional de los años 40 del siglo pasado. La agricultura ecológica nace como respuesta a los problemas ambientales generados por la agricultura de los últimos años y se beneficia de todo el desarrollo científico y tecnológico producido en el siglo XX y exige al agricultor un mayor conocimiento de los procesos biológicos que se desarrollan en sus campos, ver las diferencias entre suelos para hacer un manejo diferenciado, entender la interrelación entre todos los componentes del agrosistema para controlar plagas, enfermedades y hierbas, conocer los ciclos de los nutrientes, etc. Este es el reto para el agricultor, la agricultura convencional de los últimos años se simplificó tanto que las hierbas eran de hoja estrecha o ancha, las labores eran superficiales o profundas, la fertilización era kilos por hectárea y lo importante era manejar bien la maquinaria, y en un futuro próximo todo esto lo harán programas informáticos, lo que hoy se llama agricultura de precisión. En agricultura ecológica prevalece el conocimiento sobre la rutina y el agricultor sobre la maquina, porque el hombre crea un vínculo con la tierra y el conocimiento le da las herramientas para cuidarla y además consigue mejorar su renta

#### **Resumen de las oportunidades:**

- La Unión Europea prima la agricultura que mejor se adapta a nuestras condiciones ambientales.

#### **Bibliografía:**

- Arnal, P. (2007) Coste de las labores agrícolas. Ed. Universidad Pública de Navarra e Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra. 35 pp.
- Brow, L.R. (1997). ¿Podemos aumentar los rendimientos de los cereales con la suficiente rapidez? *World Watch* nº 4: 8-17
- Fernández-Quintanilla, C., Gómez Fernández-Montes, S.J. (1984). Análisis energético de la producción de cereales en la región central. *An. INIA*.N,25 ; 41-54.
- García-Trujillo, R., Mielgo, A., Alarcón, M., Lacasta, C. (2011). Economía de la producción de cereales y granos de leguminosas ecológicos de secano En: *Agricultura ecológica en secano: Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos*. Coordinadores: R. Meco, C. Lacasta y M.M. Moreno. ISBN (MARM): 978-84-491-1083-2 y ISBN (Mundi-Prensa): 978-84-8476-539-4. pp. 377-395
- Lacasta, C. (2005). Agricultura de Conservación: Evolución de las producciones y de parámetros químicos y bioquímicos, en sistemas de cereales del secano, sometidos a diferentes manejos de cultivo. *Tierras de Castilla y León-Agricultura* nº 116: 48-65
- Lacasta, C. (2010). Sobre fertilización en secano en los cultivos herbáceos. *Tierras-Agricultura* nº 173: 8-23
- Lacasta, C. (2013) Lo que debe saber un agricultor para manejar el suelo y mantener su fertilidad y salud. *Tierras-Agricultura* nº 205:32-44
- Lacasta, C., Meco, R. (2011). La rotación en cultivos herbáceos de secano. *Agricultura ecológica en secano*. En: *Agricultura ecológica en secano: Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos*. Coordinadores: R. Meco, C. Lacasta y M.M. Moreno. ISBN (MARM): 978-84-491-1083-2 y ISBN (Mundi-Prensa): 978-84-8476-539-4. pp. 107-152
- Lacasta, C.; Meco, R. (2009). Productividad energética y económica de cultivos herbáceos, estudio comparativo de manejos de agriculturas convencional, de conservación y ecológica. *Tierras de Castilla y León Agricultura*, nº 160: 42-46
- Moreno, M., Lacasta, C., Meco, R. Moreno, C. (2011). Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: Results of a long-term trial. *Soil & Tillage Research*. Volumen 114: 18-27.
- Moreno, M., Moreno, C., Lacasta, C., Meco, R. (2012). Evolution of soil biochemical parameters in rainfed crops: effect of organic and mineral fertilization. *Applied and Environmental Soil Science* Volume 2012. Article ID 826336, 9 pages.
- Pardo, G., Aibar, J., Cirias, P., Lacasta, C., Lezaúne, J.A., Zaragoza, C. (2011). Organic versus conventional methods of fertilization and weed control in a long term rotation of cereals in semiarid Spain. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71 (2): 187-194