

Cebada y maíz rastrojero

Productividad económico-ambiental de la fertilización con purín

En las comarcas de nuevos regadíos de Aragón (Monegros, Cinco Villas) se suele aplicar una alternativa basada en alfalfa, maíz y cereales de invierno. La extensión de la ganadería de porcino en esas comarcas origina que haya excedente de purín. Un medio para reemplazarlo puede ser la aplicación de una rotación intensiva de doble cultivo anual (cebada-maíz rastrojero), que necesita alta dosis de fertilizantes, aunque crea otras limitaciones agronómicas.

Las Informaciones Técnicas nº 223/2010 y 244/2013 (Iguacel F. y otros), exponen resultados de ensayos comparativos de fertilización orgánica (purín) y mineral en rotación de cebada y maíz rastrojero. Los datos experimentales que aportan entre los años de 2007 a 2012 afianzan las conclusiones técnicas. Sugieren que se puede ir más allá de la comparación de técnicas de fertilización e interpretarlo como un sistema de alta productividad agronómica y ambiental, cuya productividad económica depende de los costes de cada explotación y de los precios relativos de cebada y maíz.



En la experimentación sobre fertilizantes orgánicos (purín, fiemo, etc) y otras nuevas técnicas es frecuente quedarse en la comparación técnica y económica de la relación de los incrementos factor-producto. Pero, a poco compleja que sea la técnica exige la aplicación de nuevos factores (máquinas, trabajo, etc), produce nuevos factores limitantes, (trabajo, agua, contaminación, etc) y debe ser adaptada a las condiciones particulares de cada comarca y explotación.

En este documento se trata de describir los aspectos agronómicos, económicos y ambientales de la rotación cebada-maíz rastrojero con fertilización de purín, riego por aspersión, mínimo laboreo y siembra directa y compararla con la de maíz en cultivo anual. Se basa en la información aportada por los citados documentos, complementada con presupuestos de costes de cultivos y considerando las relaciones del sistema.



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural. FEADER



GOBIERNO
DE ARAGON

Departamento de Agricultura,
Ganadería y Medio Ambiente

Aplicación o descripción del sistema

Si se trata de comparar rotaciones de cultivos. ¿Por qué un sistema?. Porque para aplicarlo hay que considerar conceptos agronómicos, económicos y ambientales, señalando sus relaciones y valorando los resultados de forma conjunta (**gráfico 1**).

Aspectos agronómicos

Los aspectos agronómicos deben considerar la técnica de producción y la posible limitación de factores como: tiempo de trabajo de las operaciones de cultivo y de agua de riego. La rotación intensiva o doble cultivo de cebada y maíz rastrojero exige aplicar dosis adecuadas de fertilizantes y tener tiempo para sembrar temprano, alargando el ciclo y productividad de los cultivos, además de suficiente dotación de agua de riego.

La primera condición se convierte en una ventaja, - si las dosis de purín se adaptan al suelo y cultivo-, porque permite aprovechar lo que para las granjas es un residuo y tiene un coste de eliminación o distribución. La valoración del purín es un problema de comparación de costes de unidades fertilizantes y costes de distribución.

La segunda condición exige disponer de, o alquilar, maquinaria específica de distribución de purines, laboreo mínimo, siembra directa, y sistema de riego por aspersión. También, emplear variedades de ciclo productivo adecuado; el maíz rastrojero será de ciclo más corto y menos productivo que el maíz de una cosecha.

La rotación en doble cultivo anual es posible porque el riego por aspersión y la siembra directa permiten (**gráfico 2**):

- Aumentar la infiltración del abonado de fondo (dosis mayor sin labor de enterramiento) con purín aplicado sobre el rastrojo de cebada, después de la siembra de maíz, propiciando la nascencia, y del aplicado en otoño sobre rastrojo de maíz antes de la siembra de cebada.
- Mejorar la infiltración y eficacia del abonado con purín en cobertera a la cebada, de forma que se puedan emplear dosis no contaminantes.
- La siembra directa sobre rastrojo contribuye a reducir el tiempo de trabajo de siembra cuando éste es el factor limitante y alargar el ciclo vegetativo.

Un plan de fertilización y cultivo se muestra en el **Gráfico 3**.

Gráfico 1. Sistema

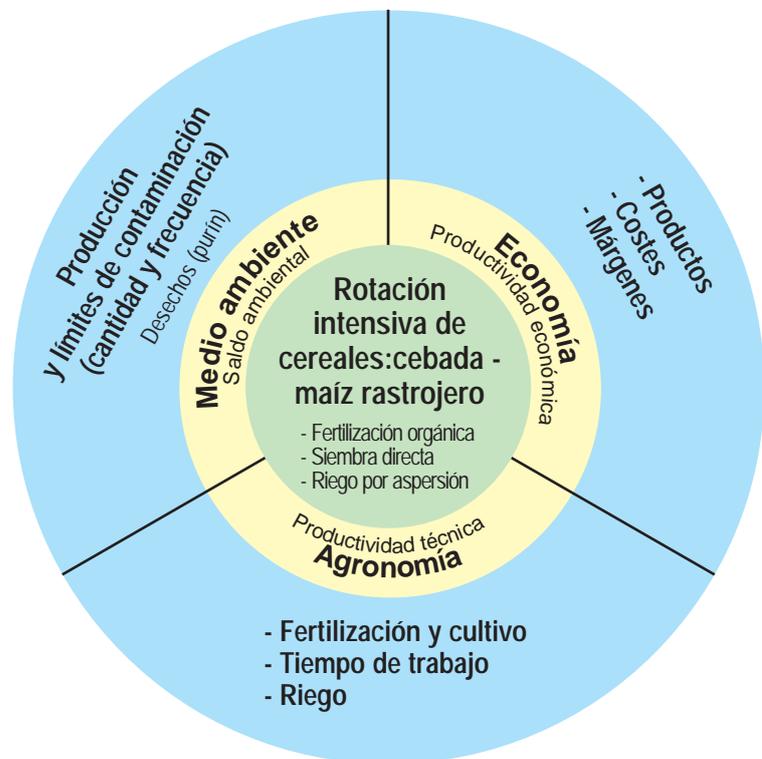


Gráfico 2. Relaciones agronómicas

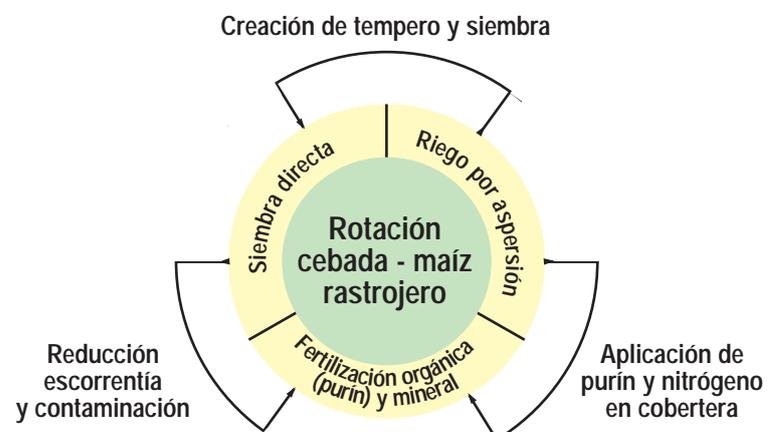
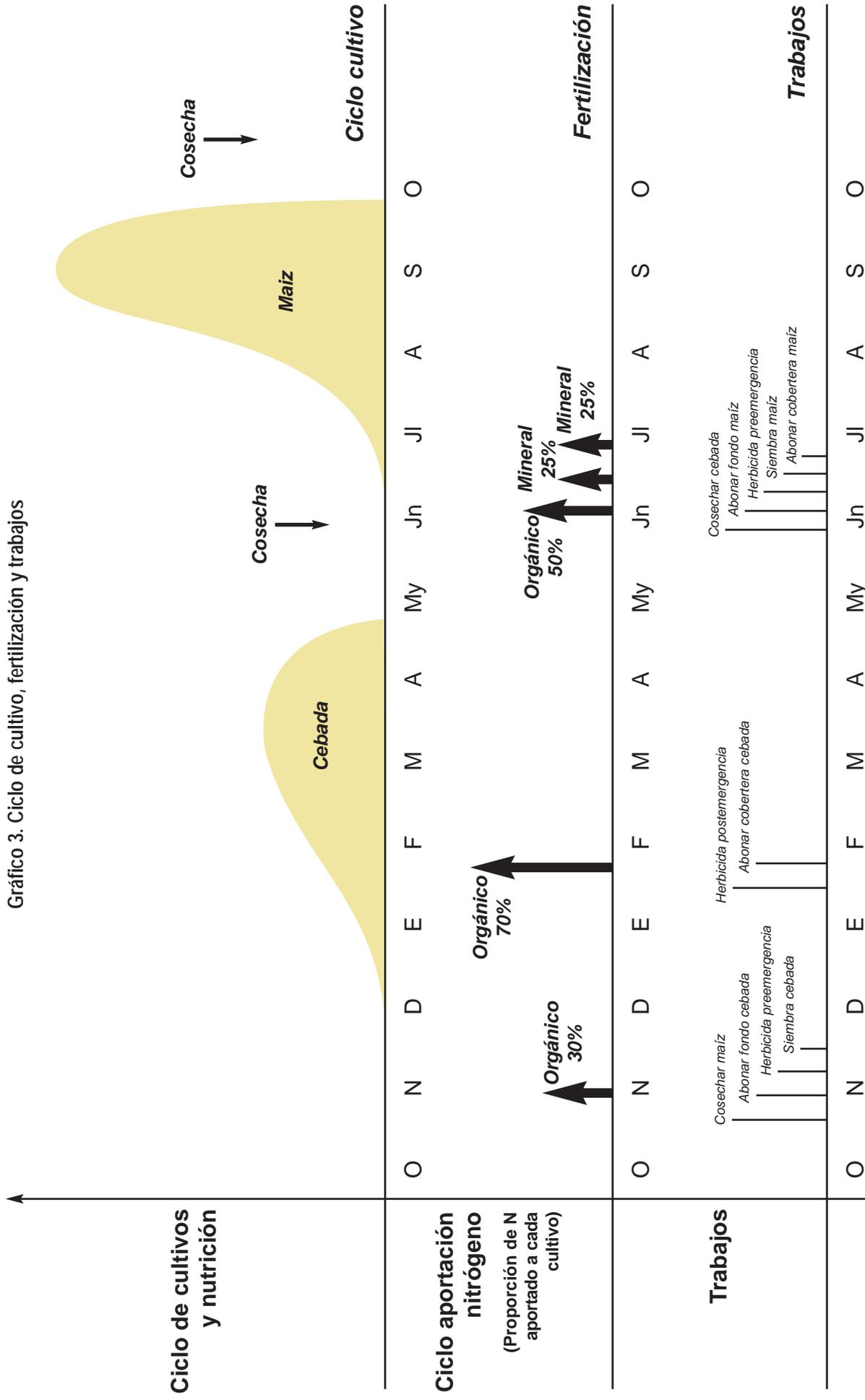


Gráfico 3. Ciclo de cultivo, fertilización y trabajos



El primer problema agronómico consiste en diseñar un plan de fertilización equilibrado, eficiente y no contaminante para ambas alternativas. Las bases del plan son las producciones previstas, distintas en cada comarca agraria, y la fertilidad de las parcelas. Considerando sólo las extracciones de los cultivos, la rotación cebada-maíz rastrojero necesita mayor aportación de fertilizante que el cultivo único de maíz. El equilibrio de elementos fertilizantes de los cereales es aproximadamente semejante al del purín y sólo queda adaptar las dosis y frecuencia de aplicación. El elemento rector del plan de fertilización es el nitrógeno. Las correcciones de fósforo y potasio pueden hacerse según su evolución a largo plazo en el suelo.

Cuadro nº 1. Plan de fertilización de las alternativas

Cultivo	Produc. prevista	Fertilización U.F. nitrógeno		Aplicación Purin (fracción y fecha)		UFN aplicadas con purin			m³ de purin		UFN aplic. mineral (frac. U.F. fecha)		
	kg/ha	Tm	ha	fondo	cobertera	fondo	cob.	total	fondo	cob.	cobertera		
<i>Cebada</i>	5.800	20	116	1/3 nov-dic	2/3 feb-mar	39	77	116	8	15			
<i>Maiz rastrojero</i>	11.700	20	234	1/2 junio		117		117	23		1/2	117 jul-ago	
<i>Total</i>	17.500		350			156	77	233	31	15	117		
<i>Porcentaje de U.F. en forma de purin y mineral respecto al total</i>											67		33
<i>Maiz ciclo largo</i>	13.800	20	276	1/2 mayo		138		138	28		1/2	138 julio	
<i>Porcentaje de U.F. en forma de purin y mineral respecto al total</i>											50		50

La cebada se abona en un 30% aproximadamente de sus necesidades de nitrógeno con abonado orgánico (purín) de fondo antes de la siembra, sin laboreo, y en un 70% en cobertera en ahijado también con orgánico, cuando la saturación de agua del suelo sea mínima para reducir el apelmazamiento por rodadas de la cisterna distribuidora. El maíz se abona con un 50 % aproximadamente con abonado orgánico de fondo inmediatamente antes de siembra, y el otro 50% en cobertera dosificado con riego.

Comparación económica de alternativas

Se trata de conocer las condiciones en que es ventajosa la alternativa de doble cultivo anual (cebada-maíz rastrojero), frente a sólo maíz en cultivo anual.

Al margen de considerar la explotación en su conjunto, una alternativa es ventajosa frente a la otra cuando su margen bruto es mayor. Hay una situación de indiferencia (umbral de sustitución de alternativas) cuando ambos márgenes por hectárea son iguales. Margen bruto de la cebada-maíz (MBcm) = Margen bruto de maíz (MBm). O también: el incremento de producto por hectárea debe ser igual al incremento de coste por hectárea, $(Pcm - Pm) = (Ccm - Cm)^{(1)}$. Desarrollando la igualdad anterior a partir de sus componentes: Productos (P) y Costes variables (C), se puede explorar las condiciones y valores que deben tomar las variables económicas para decidir.

El producto por hectárea depende de precios y rendimientos. Es normal que el rendimiento de maíz rastrojero sea menor que el de maíz de ciclo largo. Los costes dependen de la estructura de costes de cada explotación. Como las explotaciones aplican una técnica aproximadamente constante, adaptada a su situación y experiencia agronómica, se puede considerar que la relación de costes de cada cultivo (cebada-maíz rastrojero y maíz de ciclo largo) son constantes en cada caso, y la ecuación ⁽¹⁾ queda $(Pcm - Pm) = \text{Constante}$. El incremento de productos es igual a una constante en cada explotación. Bajo estos supuestos, la alternativa cebada-maíz es ventajosa respecto a la de maíz de ciclo largo cuando:

- El precio de la cebada crece respecto al precio de maíz.
- El rendimiento de la cebada crece respecto al del maíz de ciclo largo.
- El rendimiento de maíz rastrojero se aproxima al del maíz de ciclo largo.

Presupuesto de cultivos y resultados

A falta de datos contables de varios ejercicios se puede calcular, mediante presupuestos, la evolución de los márgenes de ambas alternativas en los últimos años (2005 a 2012) a partir de los datos de un ejercicio, en este caso el año 2011. El cuadro de presupuestos que se presenta sigue el siguiente método:

- Fijación de producción objetivo (rendimiento por hectárea) para estimar consumo y costes de fertilizantes, a partir de los datos experimentales, con criterio de prudencia.
- Estimación de necesidad de riego y tiempos de trabajo para, con otros costes, calcular los variables, en el año de referencia de 2011.
- Tomar un índice de variación anual de costes. Se ha tomado el de la energía en Aragón como mejor estimador de costes variables.
- Aplicar el estimador a los costes de 2011 para calcular los costes anuales de periodo 2005 a 2012.
- Aplicar precios medios percibidos de la cebada y maíz en Aragón a las producciones objetivo de las dos alternativas para calcular los ingresos anuales del periodo.

Cuadro nº 2. Consumo aproximado mensual de agua de riego en metros cúbicos

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Cebada	200	250					450
Maíz rastr.				300	600	600	1.500
Total	200	250		300	600	600	1.950
Maíz			250	300	600	600	1.750

Cuadro nº 3. Producto de alternativas. Año 2011

	Rendto. kg/ha	Precio €/Tm	Producto €/ha
Sistema intensivo. Doble cultivo anual			
Cebada	5.800	2033	1.178
Maíz rastrojero	11.700	233	2.723
Total			3.902
Cultivo anual			
Maíz	13.800	233	3.212
Diferencia			690

Cuadro nº 4. Tiempo aproximado de trabajo por hectárea

	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	total	%
Cebada	2	0,5	0,2	1,6						2	6,3	41
Maíz rastrojero				4,2	1	0,3	0,3		3,2		9,0	59
Total	2	0,5	0,2	5,8	1	0,3	0,3		3,2	2	15,3	
Porcentaje	13	3	1	38	7	2	2	0	21	13	100	100
Maíz ciclo largo			3	1,2	1	0,3	0,3		3,2		9,0	
Porcentaje	0	0	33	13	11	3	3	0	36	0	100	100

Cuadro nº 5. Presupuesto de costes variables. Datos año 2011

	Ce-bada	Maíz rastr.	Total	Maíz ciclo l.
Semilla	69	252	321	272
Herbicidas y fitosanitarios	94	116	210	157
Fertilizante orgánico (purín)	0	0	0	0
Fertilizante mineral		75	75	88
Trabajos contratados	156	208	364	208
Trabajos de la explotación	80	100	180	100
Riego	180	600	780	700
Total costes	579	1.351	1.930	1.525

Cuadro nº 6. Presupuesto de margen bruto. Euros/ha

	Cebada - maíz r.	Maíz c.l.	Dife-rencia	% Dife-rencia
Producto	3.902	3.212	690	21
Costes variables	1.930	1.525	405	27
Margen	1.972	1.687	285	17

Cuadro nº 7. Evolución de márgenes

Año		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Precios. euros/Tm	Cebada	125,0	131,8	186,1	179,7	129,2	160,5	203,2	221,7
	Maíz	131,9	145,5	188,5	207,2	147,5	161,5	232,8	230,4
Precios. Índice base 100	Cebada	100,0	105,5	148,9	143,8	103,4	128,4	162,5	177,4
	Maíz	100,0	110,3	142,9	157,1	111,8	122,4	176,5	174,7
Productos. euros/ha	Cebada	725	765	1.080	1.042	749	931	1.178	1.286
	Maíz rastrojero	1.543	1.702	2.205	2.424	1.726	1.889	2.723	2.696
	Total	2.268	2.466	3.285	3.467	2.475	2.820	3.902	3.982
	Maíz ciclo largo	1.820	2.007	2.601	2.860	2.036	2.229	3.212	3.180
Índice de precios pagados (energía)		100,0	108,1	111,1	133,6	126,3	127,0	151,0	155,0
Costes variables €/ha	Cebada-maíz	1.281	1.386	1.423	1.711	1.618	1.627	1.930	1.986
	Maíz ciclo largo	1.013	1.095	1.125	1.352	1.279	1.285	1.525	1.569
Margen. Euros/ha	Cebada-maíz	987	1.081	1.862	1.755	857	1.193	1.972	1.995
	Maíz ciclo largo	808	913	1.477	1.507	757	943	1.687	1.610
	Diferencia	179	168	385	248	100	250	285	385
	% respecto a maíz c.l.	22	18	26	16	13	27	17	24

El criterio de comparación económica para valorar la ventaja económica de la rotación cebada maíz rastrojero es la diferencia de márgenes anuales y el porcentaje respecto al margen de maíz de ciclo largo (un solo cultivo anual) en la serie de ocho años (2005 a 2012). Todos años ha sido ventajosa la rotación-cebada maíz rastrojero, en más de un 13 % (valor mínimo de la serie); en cuatro de los ocho años lo ha sido en más del 22%.

Gráfico 4. Precios medios anuales

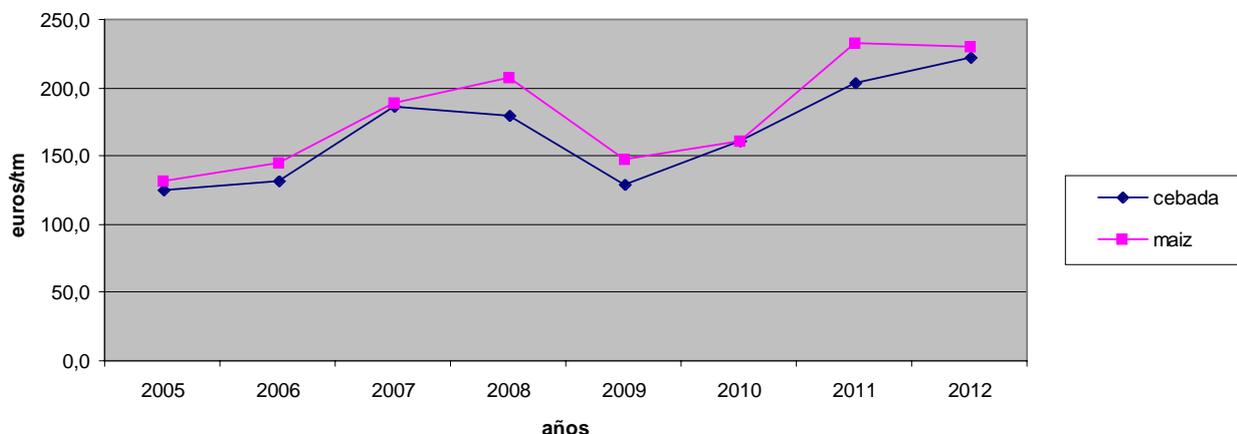
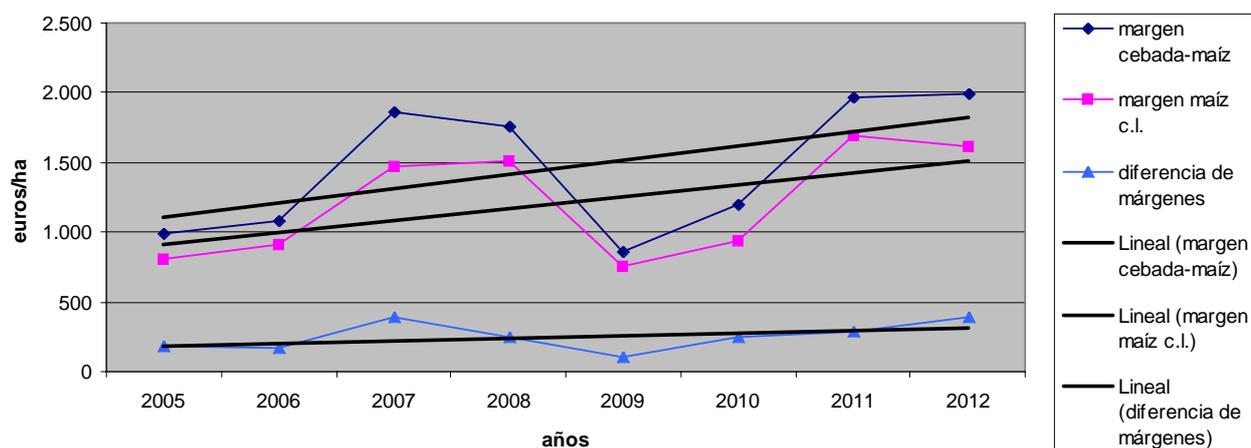


Gráfico 5. Evolución de márgenes anuales



Aspectos ambientales

Los productos (ventajas) y costes (inconvenientes) ambientales son difíciles de evaluar y aplicar. Hay que definir índices de productos y costes ambientales con datos cuantitativos. No de todos aspectos ambientales se puede hacer.

Para el caso, pueden ser índices técnicos de productos ambientales los que se refieren a: materia orgánica, fauna útil, erosión, capacidad de infiltración, retención de agua y eficacia del riego.

Los índices ambientales deben agregarse a los resultados económicos para evaluar el conjunto del sistema. Como los resultados no son homogéneos se puede seguir el criterio de comparación. Consiste en preferir una situación ambiental a otra, en condiciones de igualdad de resultados económicos de ambas.

En el caso expuesto, además de la ventaja económica, variable cada año, se muestran mejoras ambientales.

Son evidentes las siguientes mejoras:

- Los rastrojos acumulados forman mantillo y humus. Se aumenta el porcentaje de materia orgánica y mejora la estructura del suelo.
- La aplicación de purines sobre suelos con rastrojos reduce la relación carbono/nitrógeno del suelo para facilitar la humificación de los restos de cosechas.
- Los suelos ricos en materia orgánica son favorables a la presencia de coleópteros del género *Cárabus*, depredadores de orugas del maíz y otras, y aumenta la población de lombrices que mejoran la aireación y permeabilidad del suelo.
- La aplicación de purines sobre rastrojos o cultivos incipientes reduce su escorrentía y mejora de la fertilidad del suelo por aumento de los niveles de humus.
- Las rodadas de máquinas sobre suelo cubierto de rastrojo y mantillo son menos apelmazantes.
- La rotación intensiva aumenta la producción de biomasa.

A medio plazo, estas ventajas ambientales, actualmente poco evidentes o meros indicios, se convertirán en ventaja económica que se manifestará en aumento del margen de la explotación.

Para reducir los perjuicios contaminantes por escorrentía de materia orgánica e infiltración de nitratos hay que limitar las dosis de aplicación, teniendo en cuenta el ciclo (estado) de cultivo, la textura, perfil y saturación hídrica del suelo y la altimetría (pendiente) de la parcela.

Posibilidades del sistema o factores que lo hacen aplicable

- Generalización del riego por aspersión: Mejora la incorporación del purín mediante un riego ligero después de la aplicación y da tempero para nascencia del maíz después de la cebada, y de esta tras cosechar el maíz.
- Evidencia de la productividad de la técnica de mínimo laboreo y no cultivo: Reducción de tiempo de labores y de trabajo sin disminuir el rendimiento, e incremento progresivo de la materia orgánica del suelo.
- Disposición, en propiedad o alquiler, de servicios de máquinas de alto rendimiento necesarias para realizar los trabajos necesarios a costes aceptables en momento adecuado.



Observación y adaptación del sistema

El sistema de cultivo es acorde con la tendencia económica porque hay que aumentar la productividad de la energía (fertilización, trabajo con máquinas) y es necesario conseguir ventaja comparativa en la producción de cereales y otros cultivos extensivos.

De alguna manera hay que resumir lo esencial del modelo, pero no se trata de admitirlo y aplicarlo de forma acrítica. En agronomía, donde domina lo complejo, se admite que es siempre necesaria la experimentación local, la observación de efectos posteriores y la adaptación a cada explotación agraria. Son aspectos de esa adaptación los siguientes:

- Tener en cuenta la integral térmica de las comarcas para la elección de variedades y fechas de siembra.
- La evolución de nutrientes en el suelo, para corregir los que se acumula o producen desequilibrios; es el caso del fósforo, que se puede corregir intercalando, a medio plazo, una leguminosa (alfalfa, etc).
- Control de malas hierbas y enfermedades criptogámicas (royas), favorecidas por el no laboreo, la acumulación de materia orgánica (nitrógeno) y el riego por aspersión.
- Reducir el exceso de rastrojo, si perjudica la siembra, con labores de troceado.

Bibliografía

- Fertilización con purín en doble cultivo anual, en mínimo laboreo y riego por aspersión. Iguacel F., y otros. Información Técnica. nº 223. Año 2010. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Ensayo de fertilización con purín de porcino en cereales de invierno Iguacel F. y otros. I.T. nº 236. Año 2011.
- Gestión del nitrógeno en la explotación agraria. Gil M. Información Técnica nº 147. Año 2004. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura.
- Economía de la fertilización en la explotación agraria. Gil M. En: Fertilización nitrogenada. Guía de actualización. Año 2006. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura.
- Resultados de la red de ensayos de variedades de maíz y girasol en Aragón. Campaña 2010. I.T. nº 227. Año 2011.
- Fertilización con subproductos orgánicos. Orús. F, y otros. Información Técnica nº 232. Año 2011.

Autores:

Manuel Gil Martínez Unidad de Tecnología Vegetal.

Este documento se ha beneficiado de las opiniones de Francisco Iguacel. La responsabilidad es del autor.

Los trabajos experimentales se han realizado en el marco de la RED DE FORMACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN AGRARIA DE ARAGÓN

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando sus autores y origen: Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

Para más información, puede consultar a la UNIDAD DE TECNOLOGÍA VEGETAL:
Av. Montañana, 930 • 50059 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 45

Correo electrónico: cta.sia@aragon.es - agricultura@aragon.es

■ **Edita:** Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Servicio de Recursos Agrícolas. ■ **Composición:** Unidad de Tecnología Vegetal ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.