

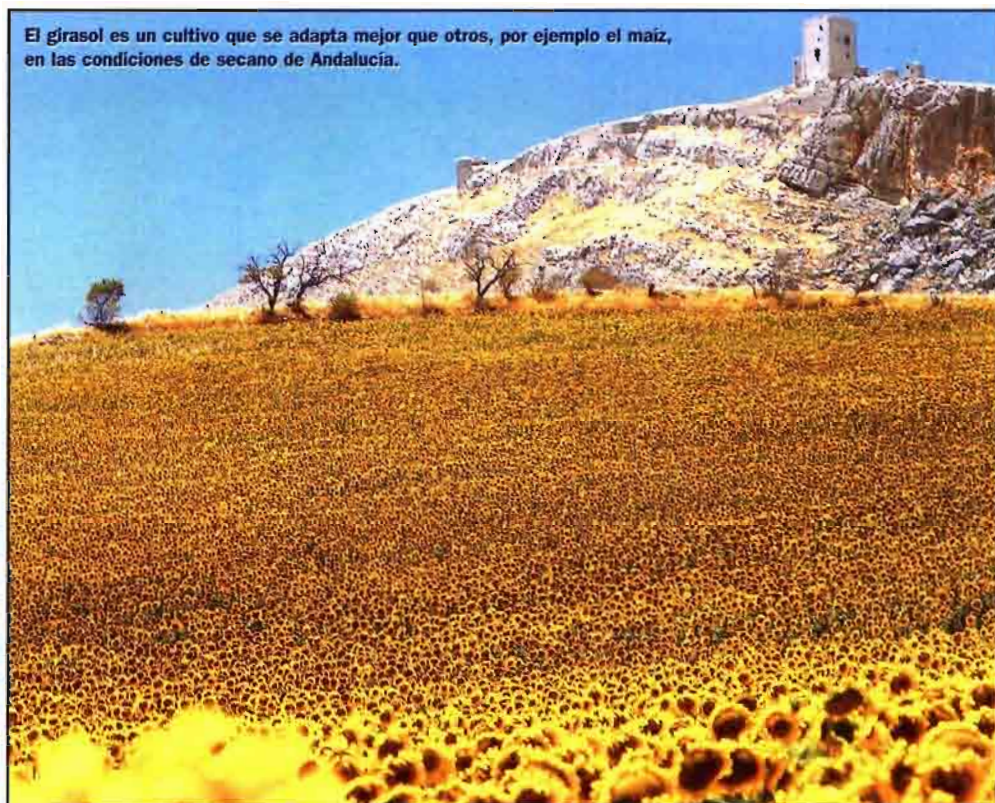
Efectos ambientales de la rotación trigo-girasol

El cultivo de girasol aporta muchas ventajas en una agricultura sostenible respetuosa con el medio ambiente

La nueva reforma de la PAC introducida con la Agenda 2000 ha despertado de nuevo la inquietud y la preocupación en algunos sectores de la agricultura española. Uno de ellos es el de oleaginosas, que en España está referido casi exclusivamente al girasol. El motivo está justificado, pues la propuesta de la Comisión de la UE reduce el pago compensatorio a estos cultivos, igualándolo al de cereales, con lo cual la ayuda regionalizada a la hectárea de oleaginosas se ve notablemente reducida.

R. J. López-Bellido Garrido. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura.

L. López Bellido. Dpto. Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba.



El girasol es un cultivo que se adapta mejor que otros, por ejemplo el maíz, en las condiciones de secano de Andalucía.

FOTO: ASGROW

Un documentado estudio realizado por un equipo de profesores del Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, encabezado por el director de **Vida Rural**, profesor Lamo de Espinosa (1998), pone de manifiesto la crisis que esta nueva medida de la Agenda 2000 puede provocar en el cultivo y la industria extractora de girasol en España. Ello puede dar lugar, por la pérdida de rentabilidad, a una importante reducción de la superficie cultivada y afectar seriamente al sector, que lleva consolidado en España muchos años, tanto desde el punto de vista agrícola como industrial, no sin notables esfuerzos de todo tipo. La consecuencia puede ser que la rotación cereal (principalmente, trigo-girasol) que tan excelente adaptación tiene, tanto desde la óptica agronómica como ambiental, en los mejores secanos de Andalucía, Castilla-La Mancha, Castilla-León y otras regiones, sea re-

emplazada en muchos casos por el monocultivo de cereal, "barbecho de retirada" o no sabemos por qué cultivos, pues las opciones son muy escasas.

Desde la reforma de la PAC de 1992, venimos comentado los inconvenientes que tiene aplicar a todos los países comunitarios unas medidas únicas de la PAC que, con frecuencia, perjudican a los países que, como los del Sur, tienen una agricultura más limitante y menos productiva. En el caso que nos ocupa, probablemente la colza, ampliamente cultivada en Centroeuropa, no se verá tan afectada por la Agenda 2000 como el girasol en España. Y ello no sólo desde un punto de vista económico, sino también ambiental, en el marco de una agricultura sostenible.

Las rotaciones de cultivo y la estabilidad de los sistemas agrícolas, como es sabido, son factores claves en la consecución de los beneficios que preconiza la agricultura sostenible, donde engarza perfectamente la rotación cereal-girasol de los secanos mediterrá-

neos. Las leguminosas, que también constituyen una alternativa del máximo interés agronómico, son otra historia y por muchas razones, de todos conocidas, sus posibilidades son muy limitadas en la agricultura comunitaria, tan encorsetada y mediatizada por muchos intereses. Es difícil entender racionalmente cómo la PAC, que tanto preconiza, al menos teóricamente, la protección del medio ambiente, perturba con sus medidas de ayudas la estabilidad de los sistemas agrícolas y luego establece medidas agroambientales, aunque en tono menor. Esto se parece al tejer y destejer de Penélope, en la Odisea de Homero, aunque en este caso el objetivo no está tan claro como el de esperar la llegada de Ulises, más bien parece fruto de la imprevisión y el desconocimiento.

En el caso del girasol, ¿cómo puede explicarse con cierta lógica a un agricultor medio español el que en 1993 se sembraran en España, con ayudas comunitarias, casi 2,5 millones de hectáreas (aunque fuese por error) y

ahora, con la Agenda 2000, siete años después, la superficie puede reducirse hasta casi la mitad del millón de hectáreas que, como promedio, se cultivan en España? La explicación es clara: la política comunitaria de oleaginosas está hipotecada por las continuas presiones de EE.UU. para defender la producción de su "todopoderosa" soja, lo cual está bien atado en el acuerdo de "Blair House", en la reforma de la PAC de 1992, en los acuerdos de la Ronda Uruguay y en la Agenda 2000; así de sencillo. Lo demás parece tener menos importancia: el que los agricultores, las empresas y los técnicos tengan que introducir con cierta frecuencia nuevos cultivos, nuevas técnicas, etc., lo cual no es nada fácil ni se puede improvisar.

La historia del cultivo del girasol en España es relativamente reciente. Se inicia su expansión en la segunda mitad de los años sesenta gracias a unas condiciones favorables de desarrollo y despegue económico, y de política proteccionista, sustituyendo paulatinamente a las leguminosas grano que, por diversas razones de orden agronómico y económico, entraron en crisis como cultivo en los barbechos de secano y en ella aún continúan. La industria extractora y las empresas de semillas tuvieron un gran protagonismo en esta expansión, suministrando maquinaria, semillas y asesoramiento, y los agricultores además se vieron estimulados por contratos a precios establecidos que les garantizaba la venta de la cosecha, a igual que el cereal, y a diferencia de las leguminosas grano.

También la investigación ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo del girasol en España, a través de los programas de mejora para la obtención de nuevas variedades, híbridos e híbridos resistentes a jopo; realizados tanto por las compañías extractoras y de semillas como por centros públicos de investigación. En este sentido, hay que destacar la labor realizada, y que aún realiza, el antiguamente denominado INIA de Córdoba de la Alameda del Obispo (hoy denominado CIFA y que pertenece a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía), que inició sus trabajos en oleaginosas con un Programa del Banco Mundial para el incremento de su cultivo en España.

En el momento de escribir este artículo, se

El cultivo de girasol ha llegado a ser una alternativa insustituible en la agricultura de secano de muchas regiones españolas.

dice que las ayudas a las medidas agroambientales de la PAC pueden paliar la reducción de la ayuda directa al girasol, si realmente dicho cultivo es ambientalmente favorable. Ahora, como es habitual, con prisas e improvisando, habrá que definir cuáles son las prácticas en el cultivo de girasol acreedoras de dicha ayuda agroambiental y nos preguntamos con qué información y con qué experiencia se elaborarán dichos requisitos. Tal vez a alguien se le ocurra alguna idea feliz, por supuesto desde un despacho, que quedará muy bien plasmada en el reglamento, pero no sabemos qué dificultad tendrá para que la lleven a la práctica los agricultores o para que la disimulen y sea papel mojado. Puede ocurrir lo mismo que cuando se regularon en España las medidas para mantener el denominado "barbecho obligatorio" o mejor "retirada de tierras" ("set aside") con derecho a ayuda, donde se dijo en un Boletín Oficial del Estado (Orden 29-12-92; BOE 4-1-93) que la práctica del barbecho (se entiende desnudo) es «muy positiva desde el punto de vista medioambiental». Se incluye una fotografía de la campiña de Córdoba, precisamente del año 1993, a principios de verano, donde se observa junto a un cultivo de girasol los efectos medioambientales ¿positivos? del barbecho, en este caso la erosión pro-

ducida por las lluvias primaverales sobre el terreno labrado y sin cultivo.

Perdone el lector esta larga introducción y entiéndala como preámbulo necesario para hablar de los efectos ambientales de la rotación trigo-girasol, basados en datos experimentales de nuestra investigación en la campiña andaluza; y también como desahogo a nuestro espíritu crítico universitario e investigador, que trata de ver y analizar las realidades de la agricultura con rigor y racionalidad, sin ningún tipo de condicionamiento. Esperamos que esta información pueda contribuir modestamente a un mayor conocimiento sobre el asunto y sirva para clarificar los efectos realmente positivos de la rotación trigo-girasol.

La rotación trigo-girasol en la agricultura de secano

El agua es el principal factor limitante en la producción de los cultivos de secano en el área mediterránea. Por ello, es necesario utilizar las rotaciones de cultivo, los residuos del cultivo y el sistema de laboreo para almacenar y usar efectivamente la limitada lluvia recibida. Los sistemas de laboreo mínimo y no laboreo son más eficientes que el laboreo convencional en la conservación de la lluvia para los cultivos. El sistema tradicional cereal-barbecho de la agricultura de secano utiliza el agua de lluvia menos eficientemente que los sistemas más intensivos. Cuando se mejora la eficiencia de almacenamiento de la lluvia a través del mínimo laboreo y no laboreo pueden aumentarse los rendimientos. Los suelos de textura arcillosa y profundos, como los Vertisoles o "bujes" de la campiña andaluza, pueden absorber gran cantidad de agua y retenerla durante largos períodos de tiempo, lo que permite

a los cultivos sobrevivir a los períodos de sequía y establecerlos después de la finalización del período de lluvia. Este tipo de suelos tienen un alto potencial de productividad en la agricultura de secano, y en ellos es donde principalmente se cultiva con éxito el girasol en España por su ciclo de primavera-verano.

El profundo y extenso sistema radicular del girasol tiene una gran capacidad y eficiencia para utilizar el agua almacenada en el suelo, localizada debajo de la profundidad normal de las raíces del trigo y otros cereales de



Efecto de la erosión por lluvias primaverales en barbecho desnudo en la campiña de Córdoba (1993).

invierno. Esta es la razón de su potencial para mejorar la eficiencia en el uso del agua en rotación con los cereales, en los suelos antes mencionados. El girasol puede extraer más del 90% del total de agua disponible en el suelo hasta 2 m de profundidad, mientras que otras plantas también eficientes, como el sorgo, sólo extraen el 65%. El girasol es un cultivo tolerante a la sequía, sin embargo, por su estación de crecimiento de primavera-verano, el rendimiento está fuertemente influido por la cantidad total de agua disponible por la planta, y es limitado en períodos severos de estrés hídrico.

Según algunos estudios, cuando la cantidad total de agua disponible por la planta es inferior a 350 mm el rendimiento potencial se reduce por estrés hídrico. Niveles de agua disponible entre 350 y 500 mm permiten obtener rendimientos óptimos. Por encima de 500 mm de agua disponible por la planta no suelen registrarse incrementos significativos del rendimiento. Datos preliminares obtenidos en nuestros experimentos en la campiña de Córdoba demuestran que el girasol agota la humedad del suelo en el perfil de 90 cm más del doble que los cultivos de trigo y habas. El uso del agua por el girasol a niveles profundos tiene un efecto beneficioso de saneamiento en los "bujeos" de las campiñas andaluzas, que, por su alto contenido de arcilla y las prácticas continuadas de laboreo intensivo, registran condiciones hidromórficas que dificultan el crecimiento radicular del cultivo de cereal siguiente.

Asimismo, el girasol puede explotar el nitrógeno (N) mineral de los horizontes profundos del suelo, muy poco accesible a otros cultivos anuales de la rotación, parte del cual es restituído al terreno y hecho disponible para el cultivo siguiente. Algunos ensayos demuestran que más de la mitad del N absorbido por el girasol proviene de horizontes de profundidad superiores a 1 m. Las necesidades de N del girasol se estiman en 40-60 kg por tonelada de grano producido. El cultivo restituye al suelo el 55-60% de las cantidades totales del N absorbidas. Es conocido que el girasol utiliza muy mal el fertilizante nitrogenado: experimentos con N marcado evidencian que los valores más favorables no sobrepasan el 30% de utilización en las condiciones centroeuropeas; aproximadamente 2/3 del N absorbido por el cultivo provienen del N residual del suelo y no del fertilizante. Esta es la razón de la falta de respuesta del girasol en secano al abonado nitrogenado cuando se cultiva en rotación con trigo, puesta de manifiesto en numerosos ensayos efectuados en la campiña an-

daluzas y que es bien conocida por los agricultores, que no suelen aplicar N fertilizante al girasol. Las raíces del girasol no son una reserva importante de N y tienen también la particularidad de remover otros nutrientes que reducen la salinización de los suelos regados. En este sentido, el girasol remueve más cloro y sodio que el algodón.



Otras ventajas del cultivo del girasol, en rotación con trigo, es que rompe el ciclo de muchas enfermedades y malas hierbas, dada la gran separación genética de ambas especies y la diferente estación de crecimiento. También el girasol, por su estructura aérea, protege el suelo de la acción directa de la lluvia y evita la erosión. Finalmente, es un cultivo de bajos "inputs" y reducido coste de producción en las condiciones de los secanos mediterráneos, como muy bien saben los agricultores.

En el año 1986 nuestro grupo de investigación inició un experimento de larga duración, que continúa en la actualidad, en las condiciones de secano de la campiña andaluza, con el objetivo de evaluar el efecto continuado del sistema de laboreo, rotación de cultivos y dosis de N fertilizante en los rendimientos y la dinámica del N en el suelo y la planta. El presente artículo presenta algunos de los resultados, especialmente referidos al girasol y a la rotación trigo-girasol.

Descripción del experimento

El experimento está situado en la campiña de Córdoba, en un suelo de secano típico de bujeo (Vertisol). Se inició en 1986, marcándose de forma permanente un área de 24.975 m² (135 x 185 m) para establecer un estudio de larga duración sobre el mismo suelo. En dicha área se establecieron como parcela principal dos métodos de laboreo (no laboreo y laboreo convencional); como subparcelas, cuatro rotaciones bianuales (trigo-girasol, trigo-garbanzos, trigo-habas y trigo-barbecho) y trigo continuo (monocultivo); y como sub-subparcelas, cuatro dosis de N en el trigo (0, 50, 100 y 150 kg/ha). El diseño estadístico usado es el de parcelas sub-subdivididas, con cuatro repeticiones. El número total de parcelas elementales es de 2 x 160, al duplicarse cada rotación con secuencia invertida de cultivos con el fin de disponer anualmente de resultados completos sobre las mismas. El área de la parcela elemental es 50 m² (5 x 10).

El análisis del suelo del área marcada, al comienzo del experimento, dio los siguientes resultados medios a 30 cm profundidad: arena 13%, limo 18%, arcilla 69%, materia orgánica 1%; pH 7,7; fósforo asimilable (Olsen) 5 ppm; potasio asimilable 531 ppm; CIC 46,5 meq/100 g.

En el tratamiento de no laboreo se utiliza una sembradora específica, controlándose las malas hierbas, antes y después del cultivo, con la mezcla herbicida glifosato + MCPA. El laboreo convencional consiste en una labor de arado de vertedera y varias labores de grada de discos y/o escarificador para desmenuzar los terrones y preparar el lecho de siembra. En ambos métodos de laboreo los residuos de los cultivos fueron dejados en el suelo, permaneciendo como "mulching" en el no laboreo y siendo incorporados al suelo en el laboreo convencional.

La siembra de trigo se efectúa habitualmente a finales de noviembre o principios de diciembre, utilizándose la variedad Cajeme; la del girasol en febrero con diferentes cultivares híbridos; la del garbanzos en diciembre con cultivares resistentes a rabia (*Ascochita rabiei*) y la de habas en noviembre, con la variedad Alameda. El barbecho se mantiene limpio todo el año, con glifosato en el no laboreo y con laboreo de grada en el laboreo convencional.

El N fertilizante se aplica a las parcelas de trigo en forma de nitrato amónico del 33,5%. La mitad de la dosis respectiva se aplica antes



Regaber, líder en sistemas de riego y en servicio de asesoramiento

Regaber, 18 años en la vanguardia

de la calidad, la tecnología

y el mejor servicio técnico y profesional.

Confíe en Regaber,

los profesionales lo saben.

Regaber

REGABER S.A.

c/ Rafael Riera Prats, 57-59. 08339 Vilassar de Dalt. Barcelona

Teléfono 93 753 97 00 - Fax 93 750 85 12

web: <http://www.regaber.com> - e-mail: regaber@regaber.com

de la siembra, incorporándola con grada en las parcelas de laboreo convencional y dejándola en superficie en el no laboreo. La otra mitad, se aplicará en superficie al comienzo del ahijado del trigo.

En cada cultivo las malas hierbas son controladas con herbicidas específicos, y las plagas y enfermedades según las observaciones efectuadas. Con excepción de las dosis referenciadas para el trigo, no se aplicó ningún N fertilizante a los demás cultivos. Cada año se efectúa fertilización fosfatada, también en las parcelas de trigo, a la dosis de 125 kg de P₂O₅/ha, incorporándose al suelo con el laboreo convencional y aplicándose localizado con la siembra en el no laboreo. Los altos niveles de potasio asimilable en el suelo recomendaron no utilizar fertilizante potásico.

Anualmente, antes de la siembra de trigo y después de la cosecha, se toman muestras de suelo a 90 cm de profundidad en cada parcela, para analizar el contenido de nitratos. También se determina el contenido de humedad del suelo antes de la siembra y después de la cosecha, a 90 cm de profundidad, en todos los cultivos. Además de los rendimientos y sus componentes, se determina el índice de cosecha y el N contenido en el grano y la paja de todos los cultivos.

Condiciones climáticas

Como es característico de la región mediterránea, el clima durante el período del experimento (1987 a 1998) ha sido extremadamente variable; en especial la lluvia, alternando períodos muy secos y muy húmedos (fig. 1). Sólo el año 1990-91 registró una lluvia similar a la media anual del período de 30 años (584 mm). Lluvias superiores a dicha media la



tuvieron los años 1987/88 (+96 mm), 1989/90 (+162 mm), 1991/92 (+50 mm), 1995/96 (+249 mm), 1996/97 (+425 mm) y 1997/98 (+354 mm), y fueron inferiores en los años 1988/89 (-149 mm), 1992/93 (-207 mm), 1993/94 (-170 mm) y 1994/95 (-286 mm). Merece destacarse la existencia de un largo período muy seco de 3 años consecutivos, desde 1992/93 a 1994/95, con una lluvia promedio anual de 363 mm; seguido de otros períodos de 3 años muy húmedos, desde 1995/96 a 1997/98, con un promedio anual de 927 mm (fig. 1). La alternancia de ambos períodos ha influido muy significativamente en los rendimientos de trigo y girasol, en su respuesta al sistema de laboreo y la fer-

tilización nitrogenada, y en la dinámica del N en el suelo.

Los rendimientos medios de trigo más altos ocurrieron durante 1987/88, 1989/90 y 1995/96 (4.700, 4.780 y 4.080 kg/ha, respectivamente), en los que se registraron lluvias superiores a la media, pero no excesivas, y bien distribuidas entre otoño y primavera, además fueron precedidos de años secos. La abundante lluvia invernal de los años muy lluviosos 1996/97 y 1997/98, afectó negativamente al rendimiento de trigo (1.560 y 2.470 kg/ha, respectivamente) a causa del encharcamiento y mal establecimiento del cultivo. Los rendimientos de trigo más bajos se obtuvieron en los años más secos, 1992/93 y 1994/95 (640 y 1.090 kg/ha, respectivamente) (fig. 2). En conjunto, el rendimiento medio de trigo en el período de 11 años estudiado fue de 2.570 kg/ha, muy inferior a la media potencial de la campaña de Córdoba.

El rendimiento de girasol fue más alto en los años lluviosos, que permitieron la utilización del agua acumulada en

el suelo durante la estación de crecimiento; los años 1997 y 1998 registraron los rendimientos mayores: 2.220 y 2.740 kg/ha. Por el contrario, en los años secos el rendimiento se redujo notablemente e, incluso, fue nulo en 1993 y 1995 (en 1990 no hubo cosecha debido a otras causas ajenas al clima). El rendimiento medio de girasol en el período de estudio de 8 años, sin considerar los años de cosecha nula, fue 1.290 kg/ha (fig. 3).

Influencia del sistema de laboreo en el rendimiento del girasol

La figura 3 muestra que, con excepción de algunos años (1991 y 1992), no existieron di-

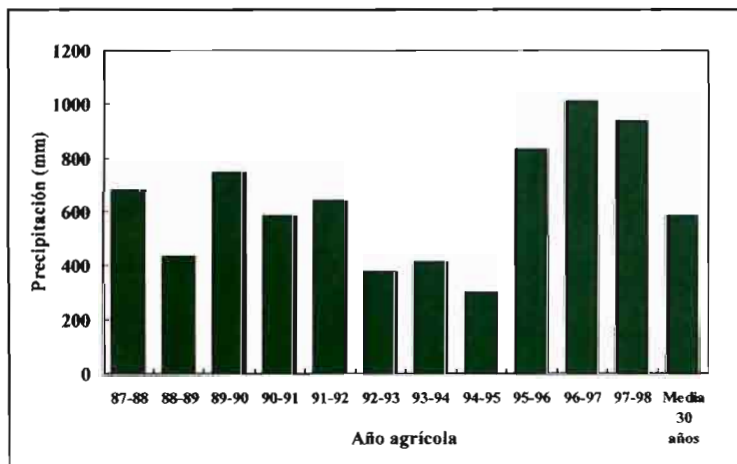


Fig. 1.- Precipitación anual en la provincia de Córdoba durante las campañas 1987/1988 a 1997/1998.

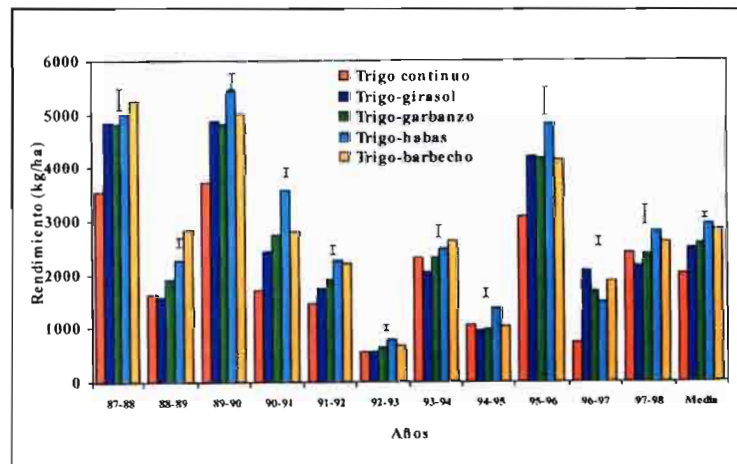


Fig. 2.- Rendimiento del trigo en diferentes rotaciones de secano en la campaña de Córdoba. (Los segmentos verticales en cada año indican la mínima diferencia significativa al 95%).

ferencias de rendimiento entre el sistema de no laboreo y el laboreo convencional. La media del rendimiento de los 8 años, en los que se registró cosecha, tampoco fue significativa entre ambos sistemas de laboreo: 1.320 kg/ha y 1.267 kg/ha en no laboreo y laboreo convencio-

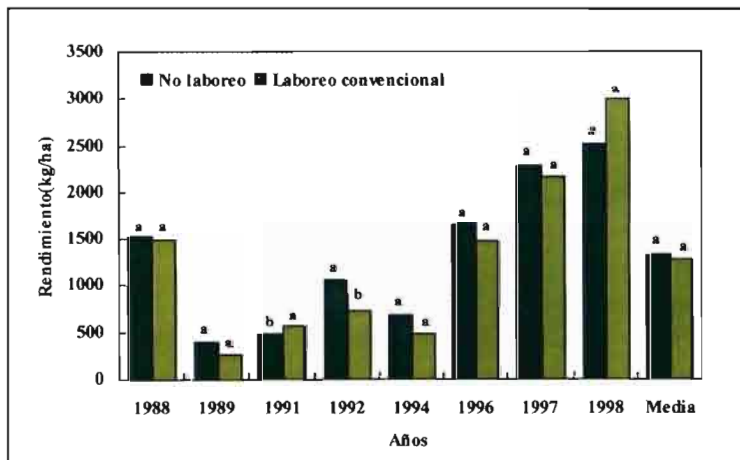


Fig. 3.- Rendimiento del girasol según el sistema de laboreo en la rotación trigo-girasol en la campaña de Córdoba. (Letras diferentes en cada año indican diferencias significativas al 95%).

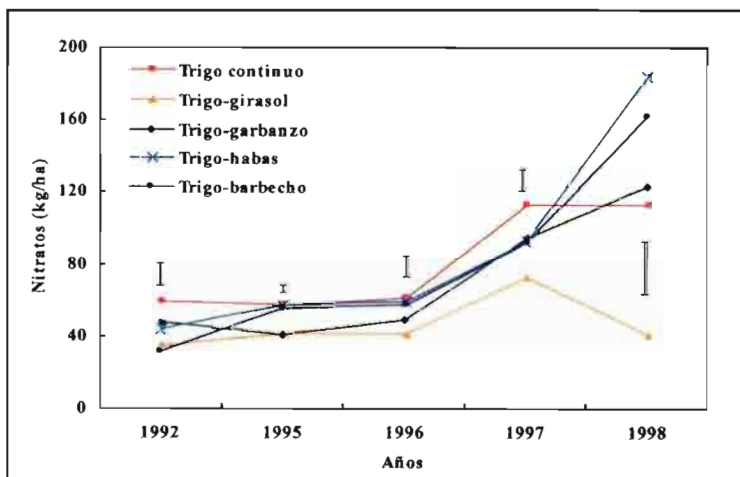


Fig. 4.- Evolución del nitrógeno residual del suelo en diferentes rotaciones de secano en la campaña de Córdoba. (Los segmentos verticales en cada año indican la mínima diferencia significativa al 95%).

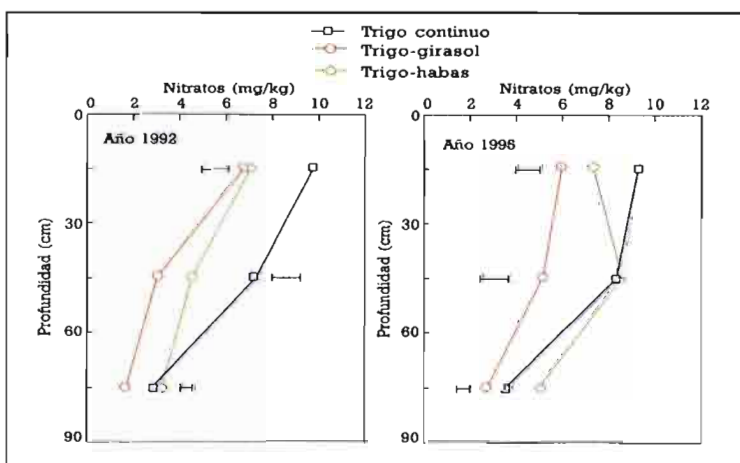


Fig. 5.- Distribución de nitratos en el perfil de un suelo Vertisol de la campaña de Córdoba después de 6 y 9 años de diferentes rotaciones de cultivo. (Los segmentos horizontales indican la mínima diferencia significativa al 95% para cada intervalo de profundidad).

GRAN PRECISION EN SIEMBRA Y ABONADO



Abonadoras de 800 a 2.000 l. en uno y dos discos, de gran precisión.



Sembradora monograno neumática de precisión, para maíz, girasol, remolacha, etc.



Abonadora localizadora para cultivos en líneas de 3 a 6 líneas.



JULIO GIL AGUEDA E HIJOS, S.A.

Teléfonos: 884 54 29 y 884 54 49 - Fax: 884 14 87
Carretera de Alcalá Km. 10 - 28814 DAGANZO (MADRID)

CUADRO I. ÍNDICES DE EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO POR EL CULTIVO DEL TRIGO EN DIFERENTES ROTACIONES DE SECAÑO EN LA CAMPIÑA DE CÓRDOBA (MEDIA DE 3 AÑOS)

Rotación	Eficiencia de uso del N (EUN) (kg grano/kg de N)	Eficiencia de extracción de N (EEN) (%)	Coefficiente aparente de utilización del N fertilizante (CAUN) (%)
Trigo continuo	12.5c*	36c	21b
Trigo-girasol	17.1a	49a	32a
Trigo-garbanzos	16.7ab	48ab	24b
Trigo-habas	17.1a	50a	23b
Trigo-barbecho	15.7b	45b	15c

* Letras diferentes indican diferencias significativas al nivel del 95%.

nal, respectivamente.

Se puede concluir, por tanto, que el cultivo de girasol en la rotación trigo-girasol se adapta bien al no laboreo sin reducción del rendimiento, con la ventaja de menos costes de laboreo y que los residuos dejados en la superficie incrementan la materia orgánica del suelo y disminuyen las pérdidas por erosión. Sin embargo, la mayor cantidad de agua presumiblemente almacenada en el suelo en el no laboreo no ha mostrado un efecto positivo diferencial, pues los rendimientos obtenidos en ambos métodos de laboreo fueron similares.

Dinámica del nitrógeno en la rotación trigo-girasol

A lo largo de un período de 7 años, el N residual en el suelo tras la cosecha, en las distintas rotaciones estudiadas, ha sido notablemente diferente (fig. 4). El N residual ha tenido una evolución ascendente en todas las rotaciones como consecuencia del abonado anual sistemático en las parcelas de trigo, excepto en la rotación trigo-girasol, que siempre registró los niveles más bajos de nitrato residual de todas las rotaciones, disminuyendo en

el último año por la lluvia más abundante y los más altos rendimientos de girasol. El N residual en la rotación trigo-girasol varió entre 34 y 70 kg/ha de nitratos, constatándose el eficiente uso por el girasol en los años de lluvia abundante que favorecieron la reserva hídrica del suelo, como 1998, en el que el nitrato residual del suelo fue sólo de 40 kg/ha, comparativamente mucho menor que en las demás rotaciones (fig. 4). El monocultivo de trigo y las rotaciones trigo-habas y trigo-barbecho fueron las de niveles de nitrato residual más altos (fig. 4). Esto confirma el mejor uso del N del suelo por la rotación trigo-girasol en el perfil de 90 cm de profundidad y, en consecuencia, pérdidas potenciales más reducidas de N por lavado y menor riesgo de contaminación difusa por nitratos.

La figura 5 presenta el perfil del contenido de nitratos en los estratos de suelo de 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad en las rotaciones trigo-girasol, trigo-habas y monocultivo de trigo, en los años 1992 y 1995.

El N mineralizado en las parcelas de trigo, estimado por: [(contenido de N en la planta en la recolección + nitratos del suelo después de la cosecha) - nitratos del suelo antes de la

siembra] en las parcelas control sin abonado nitrogenado, muestra diferencias significativas entre las distintas rotaciones (fig. 6). En la rotación trigo-girasol la tasa de mineralización durante la estación de crecimiento del trigo ha sido la más alta después de la rotación trigo-barbecho (fig. 6). El papel de los residuos del girasol, con elevados niveles de N fácilmente mineralizable, tal vez sea la principal causa de las mayores cantidades de N mineralizado en el cultivo de trigo en la rotación trigo-girasol, frente al trigo continuo y las rotaciones trigo-habas y trigo-garbanzos.

La figura 7 muestra las extracciones medias de N de 3 años por los cultivos de trigo, girasol, habas y garbanzos. El girasol tuvo la extracción de N más alta (95,5 kg N/ha), equivalente a 44 kg N por tonelada de grano producido. En el trigo, la extracción fue 78,7 kg N/ha, que representa 29 kg N por tonelada de grano. El grano de girasol exportó el 63% del N total extraído por la planta, siendo el 37% del N restituído al suelo con los residuos del cultivo (tallos y hojas), equivalente a una aportación de 35 kg de N/ha, potencialmente disponible por el cultivo de trigo siguiente. El grano de trigo exportó el 74% del nitrógeno extraído y los residuos aportaron al suelo sólo el 26%, que representa un promedio 20 kg de N/ha. Ello demuestra, una vez más, que el girasol recupera el N de los horizontes profundos del suelo, parte del cual es situado en superficie a disposición del cultivo de trigo siguiente, actuando eficientemente en el uso de un N que de otra forma no sería aprovechado.

Los diferentes índices de eficiencia en el uso del N por el cultivo de trigo, que se muestran en el cuadro I, también constatan el excelente papel que juega el girasol en la rotación en relación con el N, comparativamente con las demás rotaciones estudiadas. La eficiencia de uso del nitrógeno (EUN), que expresa los kilos de trigo producidos por kilo de N disponi-

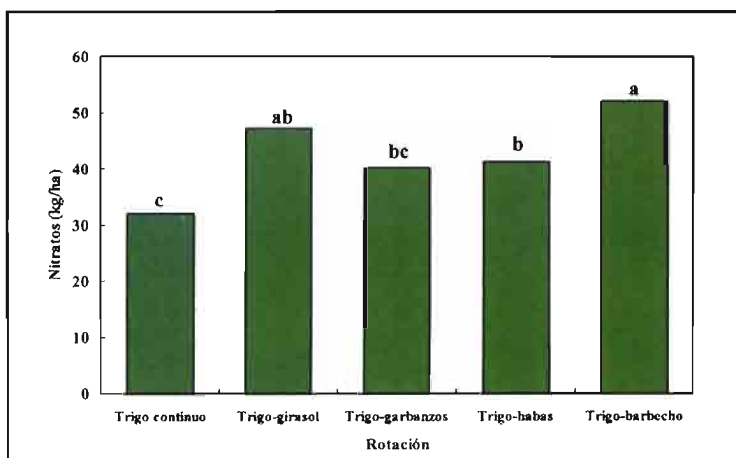


Fig. 6.- Estimación del N mineralizado en diferentes rotaciones de la campiña de Córdoba (media de 3 años). (Letras diferentes indican diferencias significativas al 95%).

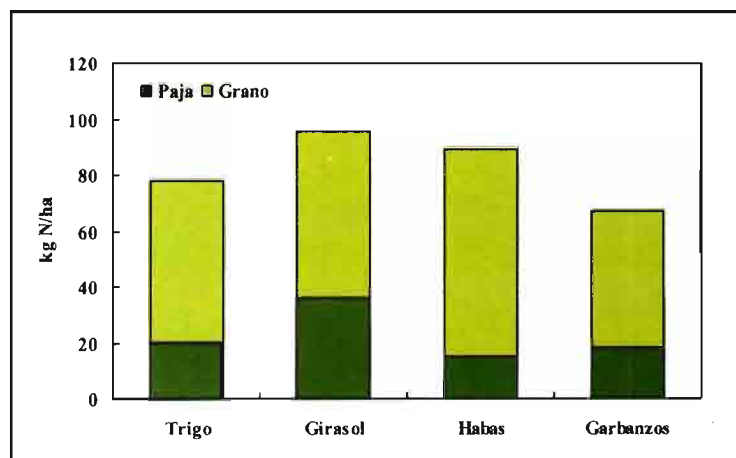


Fig. 7.- Extracciones de nitrógeno de los diferentes cultivos en las rotaciones bianuales estudiadas (media de los años agrícolas 1995/96, 1996/97 y 1997/98).

ble en el suelo, muestra en la rotación trigo-girasol un valor de 17,1 kg de grano/kg de N, que no difiere significativamente de los obtenidos en las rotaciones trigo-garbanzos y trigo-habas y es significativamente superior al monocultivo de trigo y a la rotación trigo-barbecho (cuadro I). La eficiencia de extracción del N (EEN), que expresa el porcentaje del N total disponible en el suelo extraído por la planta, presenta en la rotación trigo-girasol un valor del 49%, que no difiere significativamente de los obtenidos en las rotaciones con las leguminosas habas y garbanzos (50 y 48%, respectivamente) y es superior a los de trigo continuo (36%) y trigo-barbecho (45%) (cuadro I). Por último, el coeficiente aparente de utilización del N fertilizante (CAUN), que expresa el porcentaje de la cantidad de N utilizada por la planta con relación a la cantidad de N fertilizante aportado, es significativamente superior en la rotación trigo-girasol que en el resto de rotaciones, como muestra el cuadro I. Ello significa que el girasol favorece más que ningún otro cultivo la utilización de N fertilizante por el trigo siguiente.



monocultivo de trigo registró el rendimiento medio más bajo (2.023 kg/ha). En consecuencia, el efecto rotación, expresado como la diferencia entre el rendimiento de trigo en la rotación y el rendimiento de trigo en monocultivo, fue mayor en la rotación trigo-habas (915 kg) y en la rotación trigo-barbecho (804 kg), y menor en las rotaciones trigo-garbanzos (559 kg) y trigo-girasol (473 kg), pero sin diferencias significativas entre ellas.

Conclusiones

El cultivo de girasol ha llegado a ser una alternativa insustituible en la agricultura de secano de muchas regiones españolas. Desde su introducción, se han realizado notables esfuerzos económicos y de investigación por las empresas del sector y los organismos públicos. Hoy día, la rotación trigo-girasol representa un sistema agrícola estable y muy bien adaptado a los mejores suelos de secano, caracterizados por su profundidad y textura arcillosa, y capaces de almacenar agua y retenerla durante largo tiempo en el perfil. Sus ventajas económicas y ambientales son indudables, siendo un sistema preferido y muy popular entre los agricultores.

El girasol es un cultivo de *inputs* reducidos y tiene un impacto positivo en la rotación con el trigo, debido a la excelente complementariedad en el uso del agua y del N. Su sistema radicular explota el agua de los horizontes profundos del suelo situada fuera del alcance de las raíces del cereal y contribuye al saneamiento cuando los suelos son muy pesados y compactados. Sin embargo, por su estación de crecimiento de primavera-verano, el girasol es sensible al estrés hídrico y necesita suficiente agua disponible en el suelo para alcan-

zar buenos rendimientos. Los años de abundantes lluvias en el período otoño-invierno le son muy favorables, al contrario que le ocurre al trigo.

También, el girasol es muy eficiente en el agotamiento del N mineral de las capas profundas del suelo, que escapa a la extracción por las raíces del trigo. Con ello, se evitan las pérdidas por lavado a los horizontes no explorados por el sistema radicular de los cultivos. Una parte importante del N extraído por el girasol es restituído por los residuos del cultivo a la capa superficial del suelo, lo que favorece la mineraliza-

ción y el uso eficiente por el cultivo de trigo siguiente. El efecto rotación del girasol es similar al del garbanzo e inferior al de las habas y al del barbecho sin cultivo.

El cultivo de girasol se adapta bien al sistema de laboreo reducido y no laboreo, y su rendimiento en este último no difiere del laboreo convencional, con las ventajas de la reducción de los costes de laboreo, el incremento de almacenamiento de agua en el suelo y la reducción de pérdidas por erosión. La rotación trigo-girasol facilita la rotura del ciclo de enfermedades y de numerosas especies de malas hierbas por la separación genética y por los diferentes períodos de crecimiento de ambas especies. Finalmente, la cobertura del cultivo de girasol, por su estructura aérea, protege al suelo de la acción directa de la lluvia y evita la erosión.

En definitiva, el cultivo de girasol aporta numerosas ventajas en el contexto de una agricultura sostenible respetuosa con el medio ambiente. La posible disminución de superficie, por la reducción de ayudas de la Agenda 2000, dejaría un vacío difícil de cubrir en los sistemas agrícolas de secano de muchas zonas españolas. El monocultivo de cereal y/o el incremento del "barbecho de retirada" serían opciones poco recomendables desde la óptica ambiental. Si realmente preocupa en el marco de la PAC la cuestión ambiental, debería reconocerse el papel del girasol y hacerle beneficiario, al menos, de las medidas agroambientales establecidas, que compensen la pérdida de rentabilidad y eviten la reducción del cultivo. ■

AGRADECIMIENTOS

La investigación ha sido financiada por el Plan Nacional de I+D (Proyectos CICYT AGF95-0553 y AGF97-0498).

Influencia de la rotación trigo-girasol en el rendimiento del trigo

La figura 2 muestra el rendimiento de trigo en las distintas rotaciones a lo largo de todo el período de estudio. La lluvia anual y su distribución a lo largo de la estación de cultivo tuvo una influencia muy marcada no sólo en los rendimientos globales, sino en las diferencias de rendimiento entre las distintas rotaciones. El trigo en monocultivo tuvo claramente los rendimientos más bajos y en la rotación con habas los más altos, por la buena actuación de esta leguminosa.

Sin embargo, en algunos años no hubo diferencias entre el rendimiento de trigo de las rotaciones trigo-girasol y trigo-barbecho, y, de forma generalizada, entre las rotaciones trigo-girasol y trigo-garbanzos. Si se considera la media del rendimiento de trigo de los 11 años analizados (fig. 2), la rotación trigo-habas tuvo el rendimiento significativamente más alto (2.938 kg/ha), seguida de la rotación trigo-barbecho (2.837 kg/ha). Las rotaciones trigo-girasol y trigo-garbanzos no difirieron significativamente entre sí, con un rendimiento de trigo de 2.495 y 2.582 kg/ha, respectivamente. El