

# Rotación de cultivos en secanos cerealistas de alto potencial productivo

ALBERTO LAFARGA, IOSU IRAÑETA, JESÚS GOÑI, JUAN ANTONIO LEZÁUN, ANA PILAR ARMESTO

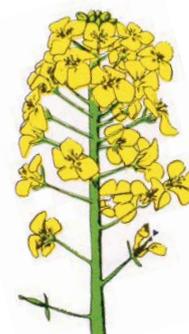
## Evolución del monocultivo de cereales en los secanos de Navarra

Si analizamos la superficie dedicada a los cultivos extensivos anuales en Navarra se observa un claro predominio de los cereales, hasta llegar en algunas zonas a casi el monocultivo.

La cebada es mayoritaria en la mitad sur de Navarra, mientras que hacia el norte, con más lluvias, el trigo ocupa la mayor parte de la superficie de cultivo. ¿Qué motivos han llevado hacia esta elección a los agricultores? Sin duda son muchos los factores que habría que mencionar, pero pueden resumirse en el hecho de que los cereales son los cultivos más fáciles, seguros y conocidos, y cuya comercialización está mejor estructurada y garantizada. Pero es también de todos conocido que el monocultivo de los cereales de invierno presenta problemas a largo plazo: mayor consumo de nitrógeno, mayor riesgo de plagas y enfermedades, selección de la flora adventicia y como consecuencia mayor consumo de fitosanitarios.

En Navarra el 90 % de la superficie de cultivos extensivos de secano corresponde a tan solo dos cultivos: cebada con casi un 60 % y trigo blando con un 32 %. El 10 % restante es la superficie ocupada por los cultivos alternativos entre los que destacan la avena, guisante, girasol, colza, veza grano y habas proteaginosas por orden de superficie. La avena es el cultivo alternativo que más superficie ocupa, un 6 % de la superficie de secano, si bien está muy localizada en las zonas de alta producción. En los secanos de menor potencial la alternativa al monocultivo es el barbecho.

El cultivo de leguminosas grano en Navarra representa únicamente el 2,2 % de la superficie de cultivos de secano. El guisante proteaginoso es la leguminosa más significativa en nuestras condiciones de cultivo. Entre las oleaginosas, la colza apenas es significativa, siendo el girasol el más extendido en nuestros secanos. Actualmente el mercado de cultivos oleaginosos puede activarse con la entrada del sector energético en la producción de biodiesel.



## ROTACIÓN DE CULTIVOS: DIVERSIFICAR

La producción agraria tiene que ser cada vez más competitiva y ello se consigue a través de aumentar las producciones, mejorar la calidad y reducir el coste de producción. Este proceso lleva a la especialización del agricultor en determinados cultivos. Se consigue reducir el coste de producción manejando grandes superficies y simplificando al máximo las técnicas de producción, lo que a menudo lleva al monocultivo.

Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental y agronómico la diversificación de cultivos es necesaria. Es importante rotar los cultivos de cereales con otras especies como las leguminosas o las oleaginosas, y barbechos cuando se trate de las zonas más secas. La experimentación realizada por el ITG Agrícola en un ensayo de larga duración (12 años) ha aportado datos relevantes que presentamos a continuación.

Desde la campaña 94/95 se comenzó en el ITGA una línea de trabajo para conocer y valorar los efectos de la introducción en la rotación de diversos cultivos alternativos al cereal. En esta campaña comenzó la experimentación en Beriain (en representación de secanos de alto potencial). **La duración de 12 años nos ha permitido evaluar 3 ciclos rotacionales completos de 4 años.**

En Beriain se han testado 6 alternativas evaluadas como precedentes del trigo: trigo, cebada, girasol, colza, barbecho y guisante en el ensayo principal.

El diseño experimental utilizado es de bloques al azar con 3 repeticiones, con parcela elemental de 100 m<sup>2</sup> (siembra de 10m x 10 m.). Posteriormente se incorporó un cuarto bloque, con el mismo tamaño de parcela elemental, pero sin repeticiones, por el in-

terés de disponer de datos de otros tres cultivos alternativos (veza forrajera, habas y Brassica carinata para biomasa) y otro cereal (avena), manteniendo como testigos el trigo y el barbecho.

Uno de los objetivos de esta experimentación consistió en analizar la respuesta de los cultivos a la fertilización nitrogenada, presentada a continuación.

### INTERACCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA CON LA ROTACIÓN DE CULTIVOS.

Dentro de la complejidad de este ensayo de rotaciones desde el principio nos pareció muy interesante estudiar la dinámica del nitrógeno en el suelo y la respuesta de los cultivos.

En los años pares de todo el ciclo rotacional, en los que se sembraba toda la parcela de trigo, en uno de las tres repeticiones del ensayo se instaló un ensayo de comprobación de dosis para cada precedente. Esto nos ha permitido ver la interacción del abonado nitrogenado, con el efecto del cultivo anterior.

Los cultivos precedentes sobre los que se ha realizado el ensayo han sido tres cereales, dos oleaginosas, tres leguminosas, un cultivo para biomasa y el barbecho, siendo el trigo el cultivo de referencia sobre el que se han estudiado los efectos de todos estos cultivos como precedentes.

De este modo el diseño de la experimentación para cada precedente constaba de 6 repeticiones con parcelas elementales de 2x10 m, ensayándose 4 dosis de fertilización nitrogenada.

- 1 - Testigo
- 2 - Dosis de Referencia-40
- 3 - Dosis de Referencia
- 4 - Dosis de Referencia +40

La dosis de referencia es la dosis de 180 KgN/ha, dosis media para un cultivo de trigo blando en los secanos frescos de Navarra, aportada al resto del ensayo de rotaciones.

La parcela Testigo no ha recibido ningún aporte en las campañas 2000, 2002 y 2004, mientras que en la campaña 1996 recibió 120 KgN/ha y en la campaña 1998 recibió 60 KgN/ha. Esta dosis se repartía en dos coberturas, sin realizar aportes de nitrógeno en siembra. La primera de ellas al inicio del ahijamiento de 50 KgN/ha (enero) y la segunda con el resto de la dosis correspondiente a cada tratamiento en el inicio del encañado (marzo).

El resto de variables de ensayo, siembra, variedad, dosis de semilla, fertilización PK, tratamientos fitosanitarios, etc. permanecían constantes.

La cosecha se evaluaba con la cosechadora de microparcels, pudiendo a partir de ella obtener las curvas de respuesta al nitrógeno del cultivo de trigo en función de los diferentes precedentes.



## RESULTADOS

### NITRÓGENO MINERAL (NMIN) DISPONIBLE EN EL SUELO TRAS UN CULTIVO ALTERNATIVO

En el caso de los precedentes leguminosas o barbecho, los valores de NMIN encontrados en el suelo se encuentran un 20% por encima de la referencia del precedente cebada. Esto hace al mismo tiempo que los rendimientos productivos obtenidos en el testigo sin nitrógeno sean buenos, siendo esta una información relevante para aquellos casos en los que se practique cultivo ecológico sin aportes externos de nitrógeno.

El precedente girasol es junto al precedente avena los dos cultivos que presentaron valores más reducidos de NMIN y ello es debido a causas diferentes.

En el caso del girasol se debe a que este cultivo utiliza para su desarrollo gran parte del nitrógeno mineralizado durante la primavera y el verano, nitrógeno que de otra manera hubiera quedado disponible en el suelo para el cultivo siguiente. Además los aportes de abonos nitrogenados suelen ser más bien limitados a este cultivo.

En el caso del precedente avena se trata más bien del resultado de una fertilización muy bien ajustada, ya que los agricultores temen mucho al problema de encamado y prácticamente en ningún caso se sobrepasan las dosis necesarias para el cultivo. El suelo queda de ese modo con pocas reservas. Tal vez esto es lo que habría que conseguir con la fertilización en el resto de cultivos pues además de ahorrar fertilizantes evitaríamos sus impactos ambientales.

En el caso del precedente trigo y cebada (ver gráfico inferior) los valores de NMIN se pueden considerar normales, al menos por el hecho de que los tomamos como referencia al tratarse de la situación más extendida. En este caso influye el modo en que se fertiliza estos cereales, muy habitualmente por encima de sus necesidades en zonas productivas o regadíos.

En el caso del precedente colza el comportamiento es similar a un trigo o



cebada, siempre que se ajuste la fertilización al potencial productivo real del cultivo.

También se estudiaron otros precedentes como la producción de biomasa con brásica carinata o la producción de forrajes con veza pero los resultados han sido poco significativos para mostrarlos en esta recopilación.

### POTENCIAL PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE TRIGO EN FUNCIÓN DEL PRECEDENTE Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

El techo productivo del cultivo de trigo ha sido marcado por el cultivo precedente sin que los incrementos en los aportes de nitrógeno permitieran corregir el efecto desfavorable de un precedente menos bueno.

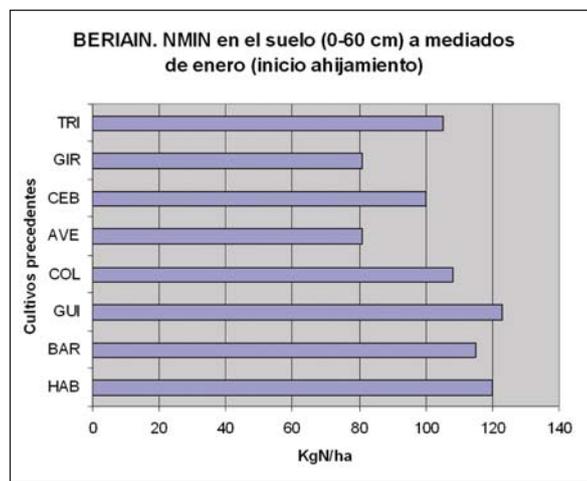
Así el techo productivo se encontró en 7,8 t/ha y sólo se pudo alcanzar con los precedentes leguminosa y barbecho, aunque colza, avena y girasol se acercaron también a este techo, mientras que con los precedentes cebada y especialmente trigo nos quedamos más lejos de ese potencial.

Además para alcanzar el potencial posible a cada precedente fueron necesarios aportes muy diferentes de nitrógeno y consecuentemente muy diferente coste productivo e impactos medioambientales.

Por ello los precedentes barbecho y leguminosa necesitaron aportes de apenas 20 kg de nitrógeno por tonelada de grano cosechada, mientras que en el resto de precedentes fueron necesarios entre 24-27 kgN/t grano, es decir entre un 20 y un 30% más.



	PRECEDENTES							
	HAB	BAR	GUI	COL	AVE	CEB	GIR	TRI
<b>Testigo Rendimiento t/ha</b>	6,0	5,7	5,6	5,3	4,4	4,1	3,9	3,9
<b>Óptimo económico N Kg/ha</b>	161	162	151	201	183	185	198	174
<b>Óptimo económico t/ha</b>	7,8	7,8	7,8	7,7	7,5	7,2	7,4	6,7
<b>NMIN KgN/ha 0-60 cm. Enero</b>	120	115	123	108	81	100	81	105
<b>N aportados kg/t de grano</b>	20	21	19	26	24	25	27	26
<b>EFICIENCIA</b>	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8



**MODELOS DE RAZONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN, SISTEMA DE LOS BALANCES.**

El sistema de los balances permite calcular las dosis de fertilizantes necesarias para los cultivos de cereal en función de un balance de entradas y salidas de nitrógeno en el sistema suelo-planta.

Algunas de las variables que intervienen en los balances tienen un comportamiento diferente en función del cultivo precedente de que se trate:

- NMIN a la salida del invierno. Ya hemos analizado las diferencias encontradas de hasta un 20% favorable a los precedentes leguminosa y barbecho.

- Nitrógeno procedente de los residuos del cultivo precedente en otoño y en primavera. La contribución en el otoño ya la medimos con el valor del NMIN a la salida del invierno que ha correspondido a unos 20-30 KgN/ha en caso de las leguminosas y el barbecho. La de primavera se ha estimado en 10-20 KgN/ha añadidos a los anteriores.

- Eficiencia del uso del fertilizante nitrogenado aportado al cultivo. Éstas han sido menores para los precedentes trigo y cebada (80%), así como para el precedente girasol (70%), quedando en una posición intermedia los precedentes avena y colza (90%).



**CURVAS DE RESPUESTA AL NITRÓGENO DEL CULTIVO DE TRIGO EN FUNCIÓN DEL PRECEDENTE**

Los gráficos inferiores muestran la respuesta media del cultivo de trigo en los ensayos realizados durante el periodo de duración del proyecto.

En todos los casos se puede ver el modo en el que la productividad del cultivo responde a las dosis crecientes de nitrógeno aportadas a los ensayos, para cada uno de los precedentes culturales.

Las diferencias son notorias, pues mientras algunos precedentes, como las leguminosas o el barbecho, presentan curvas más de tipo lineal meseta en las que el máximo rendimiento se alcanza enseguida, otros precedentes, como es el caso del trigo, muestran una respuesta continua del cultivo a dosis crecientes, pero siembre con un potencial por debajo del de los mejores precedentes.

Otro aspecto que muestran las curvas de respuesta es el distinto punto de partida, que hace que el rendimiento del trigo blando, sin aportes de nitrógeno, sea muy diferente según el precedente de que se trate.

Es interesante resaltar como los mejores precedentes, como las leguminosas o el barbecho, permiten obtener rendimientos incluso superiores a las 5 t/ha sin aportes de nitrógeno. Esta información es muy relevante para los agricultores que quieran hacer cultivo ecológico y que no pueden utilizar por tanto fertilizantes nitrogenados de síntesis.

**CONCLUSIONES MÁS RELEVANTES**

1 - Las leguminosas y el barbecho son los mejores precedentes para el cultivo de trigo blando en secanos frescos, ya que además de aumentar el potencial productivo real del cultivo en más de 1 t/ha, permiten ahorrar 20-30 KgN/ha de abonos minerales nitrogenados.

2. - La avena se ha comportado como un precedente interesante (incremento de 0,8 t/ha de rendimiento) para el trigo blando, significativamente mejor que otros precedentes cereales como la cebada o el propio trigo blando. Además también ha mejorado la eficiencia en el uso del fertilizante nitrogenado (90%).

3 - Las oleaginosas, tanto colza como girasol son dos precedentes buenos para el trigo blando pero no permiten ahorros de nitrógeno, siendo necesarios 25-26 KgN/t de grano al igual que con los precedentes cereal. Esto puede suponer aportes totales de nitrógeno elevados (20-30 KgN/ha más que en precedente cereal) dado que el potencial del cultivo es alto en secanos frescos con estos precedentes.

