

Respuesta del cereal en secano al abonado NPK

Análisis plurianual de resultados

Uno de los principales objetivos planteados desde los primeros años en la Red Experimental Agraria del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la Diputación General de Aragón fue el estudio del abaratamiento de los costes de los cultivos y entre ellos el del abonado.

En una **primera fase**, y hasta la campaña 1985/86, en los cereales de invierno los ensayos de abonado tuvieron como misión la búsqueda de las dosis óptimas de nitrógeno para cada una de las zonas agroclimáticas. Se eligieron las épocas y fraccionamientos que se creyeron más representativos y lógicos pero este planteamiento no podía detectar la interacción dosis-fraccionamiento, esto es, no sabíamos si la dosis óptima conseguida en el ensayo hubiera variado al aplicar el nitrógeno de otra forma o en otro momento. Los resultados de estos ensayos se expusieron en las **INFORMACIONES** correspondientes a aquellas campañas.

En una **segunda etapa**, prácticamente cubierta en las cosechas 1987 y 1988, se estudiaron las posibilidades de dar recomendaciones generales válidas de dosis y fraccionamientos en una misma zona agroclimática y observar la eficiencia del aprovechamiento del nitrógeno según los fraccionamientos de las distintas dosis. Los resultados de estos ensayos se expusieron en la Revista SURCOS, número 12 de diciembre de 1988.

Durante las cosechas de 1988, 1989, 1990 y 1991 se estudiaron también los resultados del abonado nitrogenado en las cebadas dedicadas a malta y el contenido en proteína.

En una **tercera etapa**, apuntada ya en la **INFORMACION TECNICA** 20/1990, y en colaboración con el hoy Laboratorio Agroambiental, se pretendía estudiar la respuesta al Nitrógeno, Fósforo y Potasio en cebada de secano. El planteamiento se hizo sobre los secanos áridos (**Zuera**), semiáridos (**Sierra de Luna**) y subhúmedos (**Esquedas**). Se exponen aquí los resultados obtenidos en seis campañas para Sierra de Luna, siete para Esquedas y tres en Zuera; este último ensayo se cerró anticipadamente debido a que las producciones eran muy limitadas por sequía.



Foto 1. Ensayo de Sierra de Luna.

Autor: M. Gutiérrez.

Planteamiento de los ensayos.

Los ensayos tuvieron un diseño estadístico en bloques al azar, con tres repeticiones y con parcelas elementales de 15 x 6 metros (90 m²). Con las 15 variantes de abonado estudiadas cada ensayo tenía 45 parcelas y una superficie total de 4.050 metros cuadrados. A lo largo de los años de ensayo cada una de las 45 parcelas recibiría el mismo tratamiento.

Las variedades sembradas fueron las habituales del agricultor. El abonado por parcela elemental se hacía a mano, utilizando en sementera: Urea 46%, Superfosfato 18% y Cloruro Potásico 60%; y en cobertera: Urea 46% y N.A. 33,5%.

La recolección se hizo con microcosechadora de cereales a dos pasés por parcela elemental. El análisis estadístico se hizo con las seis muestras cosechadas por tratamiento.

Junto a este ensayo se comprobó, en otro anexo, la respuesta a las distintas dosis de nitrógeno en cobertera, utilizando las mismas cada año.

Se decidió elegir tres puntos en diferentes áreas agroclimáticas para el desarrollo de los ensayos:

- **Esquedas, como secano subhúmedo.** Agricultor colaborador: Cooperativa de Esquedas.
- **Sierra de Luna, en secano semiárido.** Agricultor colaborador: D. José María Aranda.
- **Zuera, en secano árido,** en la finca de la Diputación General de Aragón.

Dosis:

Para la elección de las dosis de abonado se ha partido de las necesidades teóricas del cultivo; ajustando la dosis 1 ligeramente por debajo de estas necesidades; y la dosis 2 al doble de la 1, claramente por encima; así, para la cebada en los secanos semiáridos y subhúmedos las dosis utilizadas han sido las siguientes:

Dosis	0	1	2
Unid. Nitrógeno, N (kg/ha)	0	80	160
Unid. Fósforo, P ₂ O ₅ (kg/ha)	0	60	120
Unid. Potasa, K ₂ O (kg/ha)	0	70	140

Combinaciones:

Adoptando un compromiso entre las posibilidades de extraer el máximo de información y la necesidad de hacer los ensayos manejables, en cada uno de ellos se incluyeron sólo 15 combinaciones, de las 27 posibles entre las dosis expuestas. Son las que se representan en el siguiente cuadro.

		Dosis de Nitrógeno								
		0			1			2		
DOSIS P	0	0-0-0	-	-	-	1-0-1	-	-	-	2-0-2
	1	-	0-1-1	-	1-1-0	1-1-1	1-1-2	-	2-1-1	2-1-2
	2	-	-	0-2-2	-	1-2-1	1-2-2	2-2-0	2-2-1	2-2-2
		0	1	2	0	1	2	0	1	2

Dosis K

La equivalencia de estas combinaciones en unidades fertilizantes es la siguiente para Sierra de Luna y Esquedas, expresada como N-P₂O₅-K₂O. En Zuera se utilizaron dosis unitarias inferiores.

Combinación	Unidades Totales	Combinación	Unidades Totales	Combinación	Unidades Totales
0-0-0	0-0-0	1-1-1	80-60-70	2-1-1	160-60-70
0-1-1	0-60-70	1-1-2	80-60-140	2-1-2	160-60-140
0-2-2	0-160-140	1-2-1	80-120-70	2-2-0	160-120-0
1-0-1	80-0-70	1-2-2	80-120-140	2-2-1	160-120-70
1-1-0	80-60-0	2-0-2	160-0-140	2-2-2	160-120-140

Condiciones del suelo:

Al establecerse el ensayo se muestreó y analizó el suelo, siendo los resultados de la muestra superficial (entre 0 y 30 cm) los que se indican a continuación

	ZUERA	SIERRA DE LUNA	ESQUEDAS
Textura	Franco-Arcillosa	Franco-Arcillo-Arenosa	Franca
pH al agua 1:2,5	8,3 Mod. básico	8,0 Mod. básico	8,6 Lig. Alcalino
Mat. Orgánica (%)	2,6 Alto	1,7 Medio	1,5 Medio
Carbonatos totales %	35,0	29,0	31,5
Fósforo Olsen, ppm	22,8 Muy Alto	38,0 Muy Alto	15,7 Medio
Potasio (ACONH ₄) meq/100 gr suelo	0,82 Alto	0,81 Muy Alto	0,28 Medio
Magnesio (ACONH ₄) meq/100 gr suelo	0,87 Medio	0,63 Bajo	1,1 Medio
Capacidad interc. catiónico meq/100 gr suelo	16,7 Media	15,6 Media	8,5 Baja
Relación K/CIC %	4,9 Adecuada	5,2 Adecuada	3,3 Adecuada
Relación Mg/CIC %	5,2 Baja	4,0 Baja	12,9 Adecuada
Relación K/Mg	0,9 Alta	1,3 Muy Alta	0,2 Baja

Distribución del abonado: La totalidad del fósforo y potasa se distribuyó en el abonado de sementera; con el nitrógeno se siguió la siguiente pauta: las 80 unidades se distribuyeron 20 en la siembra y las 60 restantes en dos coberteras de 30 U.F. cada una. En las 160 unidades se incorporaron 40 en sementera y las 120 restantes en dos coberteras iguales. La primera cobertera se hizo normalmente a finales de enero, al inicio del ahijado, y siempre en forma de Urea del 46%; y la segunda aportación, con espiga a 1 cm. en forma de Nitrato Amónico del 33,5%. Todos los años del ensayo el planteamiento fue el mismo.

Cálculos económicos: Para el cálculo de la rentabilidad se han tomado precios de mercado de los fertilizantes utilizados y de las producciones.

RESULTADOS

Sierra de Luna.

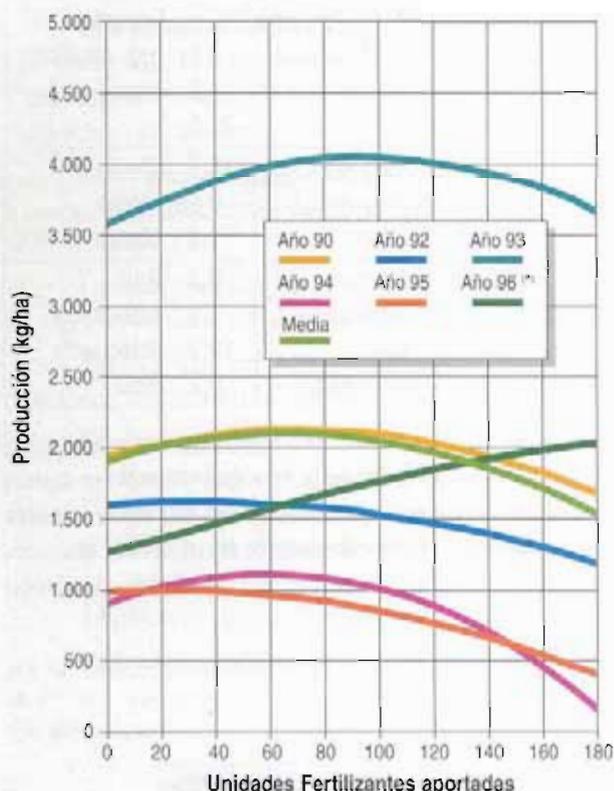
Efectos productivos individuales: Al estudiar la respuesta productiva a cada uno de los elementos fertilizantes se obtuvieron los siguientes resultados medios para cada dosis (expresados en kg/ha):

Pluviometr.	1990	1992	1993	1994	1995	Media
Otoño ⁽¹⁾	156	72	137	112	146	125
Inv.-Primav. ⁽²⁾	202	229	169	94	62	151

Dosis	kg	Test										
NITROGENO												
0	1.975		1.620		3.592		919		1.005		1.919	
80	2.133		1.597		4.046		1.092		929		2.105	
160	1.837		1.310		3.823		455		543		1.746	
M.T.	68		0		94		57		0		67	
O.E.	23		0		63		32		0		30	
FOSFORO												
0	1.679		1.382		3.768		790		837		1.792	
60	1.963		1.536		3.879		809		796		1.943	
120	2.302		1.610		3.815		868		834		1.971	
M.T.	>120		125		68		120		0		120	
O.E.	>120		0		0		0		0		0	
POTASIO												
0	1.985		1.453		3.851		768		782		1.887	
70	2.013		1.510		3.881		843		867		1.889	
140	1.947		1.564		3.730		856		782		1.878	
M.T.	56		>140		47		120		70		46	
O.E.	0		0		0		0		18		0	

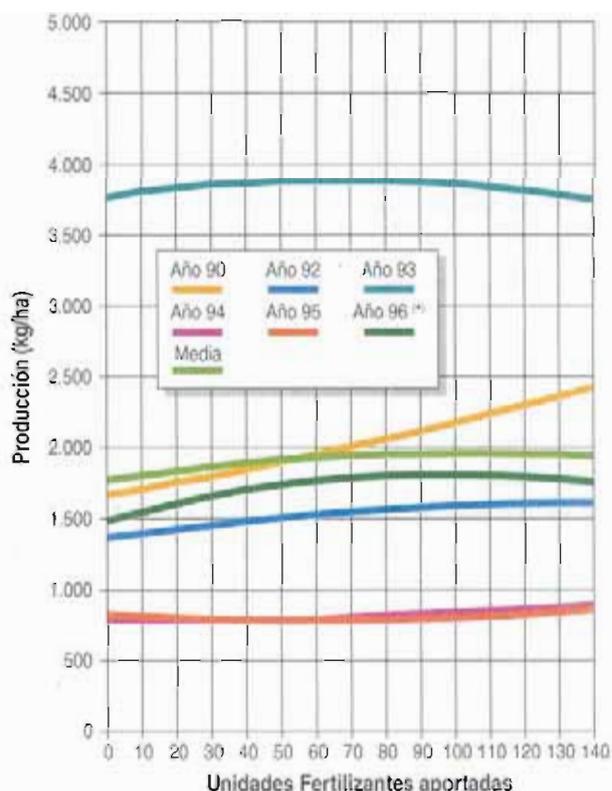
⁽¹⁾ Octubre a diciembre. (mm) ⁽²⁾ Enero a junio. (mm) **Test:** Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí. **M.T. =** Unidades Fertilizantes que hubiesen dado la máxima producción. **O.E. =** Unidades Fertilizantes que hubiesen otorgado el mejor rendimiento económico.

Abonado nitrogenado (Sierra de Luna)



* Trigo sin abonar, no incluido en la media.

Abonado fosfórico (Sierra de Luna)



* Trigo sin abonar, no incluido en la media.

Efectos combinados:

En 1991 hubo barbecho en la parcela de ensayo.

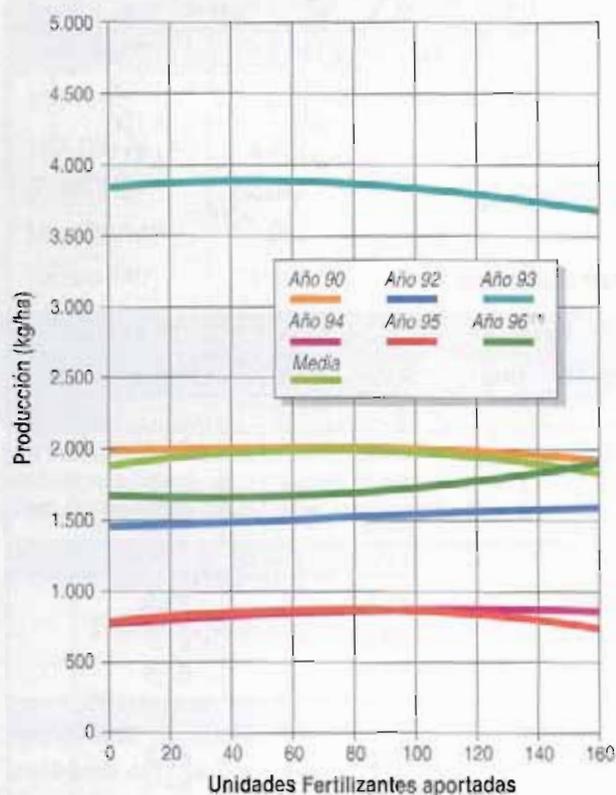
Pluviometr.	1990	1992	1993	1994	1995	Media
Otoño ⁽¹⁾	156	72	137	112	146	125
Inv-Primav. ⁽²⁾	202	229	169	94	62	151

Dosis	kg.	Test	kg.	Test	kg.	Test	kg.	Test	kg.	Test	kg.	Test
0-0-0	1.559	a	1.472	abcde	3.348	a	834	bc	1.048	e	1.719	a
0-60-70	2.117	cdef	1.741	ef	3.793	bcd	982	cd	1.048	e	2.035	a
0-120-140	2.250	ef	1.648	def	3.637	abc	945	cd	1.079	e	2.004	a
80-0-70	1.694	ab	1.482	bcde	4.133	ef	1.065	cd	1.063	e	1.979	a
80-60-0	2.156	def	1.537	bcde	4.052	def	1.000	cd	857	cde	2.039	a
80-60-70	2.402	ef	1.647	def	4.244	f	1.074	cd	1.016	de	2.195	a
80-120-70	2.481	f	1.880	f	4.089	def	1.250	d	1.016	de	2.268	a
80-60-140	2.036	bcde	1.620	cdef	3.933	cdef	1.130	cd	746	bcd	2.020	a
80-120-140	2.339	ef	1.685	def	3.970	cdef	1.130	cd	889	cde	2.127	a
160-0-140	1.786	abcd	1.195	a	3.823	cde	463	a	556	ab	1.678	a
160-120-0	2.239	ef	1.352	abc	4.156	ef	472	a	683	abc	1.902	a
160-60-70	1.706	abc	1.334	ab	3.919	cdef	454	a	635	abc	1.695	a
160-60-140	1.549	a	1.426	abcd	3.822	cde	463	a	556	ab	1.675	a
160-120-70	2.119	cdef	1.435	abcd	3.674	abc	426	a	555	ab	1.763	a
160-120-140	2.207	ef	1.408	abcd	3.474	ab	611	ab	444	a	1.760	a
Media	2.043		1.524		3.871		820		798		1.924	

⁽¹⁾ Octubre a diciembre. (mm) ⁽²⁾ Enero a junio. (mm)

Test: Los resultados que contienen la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

Abonado potásico (Sierra de Luna)



* Trigo sin abonar, no incluido en la media.



Foto 2. Triple cero en Sierra de Luna.

Autor: M. Pérez.

Resultados económicos:

Año	1990		1992		1993		1994		1995		Año Medio	
	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%
0-0-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-60-70	3.60	45	-2.409	-30	1.827	16	-4.950	-61	-8.058	-100	-1.422	-18
0-120-140	-1.605	-10	-12.420	-77	-10.047	-62	-13.785	-86	-15.465	-96	-10.131	-63
80-0-70	-2.171	-43	-4.796	-96	11.479	229	-155	-3	-4.691	-94	454	9
80-60-0	4.723	60	-6.449	-83	6.970	89	-4.328	-55	-11.825	-151	-1.094	-14
80-60-70	7.264	70	-6.764	-65	8.377	80	-5.399	-5	-11.111	-106	-443	-4
80-120-70	3.490	22	-7.304	-46	-311	-2	-7.136	-45	-16.544	-104	-4.343	-27
80-60-140	-3.047	-23	-9.956	-76	-779	-6	-6.848	-52	-19.406	-149	-6.743	-52
80-120-140	-2117	-11	-14.024	-76	-5.435	-29	-12.281	-66	-21.836	-118	-9.929	-54
160-0-140	-5.244	-52	-15.828	-158	-36	0	-17.802	-178	-20.343	-203	-10.872	-109
160-120-0	-1.347	-9	-18.147	-116	1.341	9	-23.229	-149	-23.292	-149	-11.784	-75
160-60-70	-9.732	-76	-15.717	-123	-828	-6	-20.799	-162	-21.492	-168	-13.323	-104
160-60-140	-15.654	-101	-16.410	-106	-5.490	-36	-23.235	-150	-25.776	-167	-16.368	-106
160-120-70	-6.492	-36	-19.029	-104	-11.406	-62	-26.820	-147	-28.605	-157	-17.328	-95
160-120-140	-7.269	-35	-22.221	-106	-18.231	-87	-25.560	-122	-33.561	-161	-20.016	-96

BB = Beneficio bruto debido al fertilizante.

BB% = Beneficio bruto obtenido por cada 100 pesetas invertidas en fertilizante.

Respuesta a las distintas dosis de nitrógeno en cobertera: en parcela contigua al ensayo anterior, se trató de ver la respuesta de la cebada a distintas dosis de nitrógeno en cobertera, completando las 27 unidades incorporadas en la siembra hasta llegar a las 80, 120 y 160, por lo que, lo incorporado en esta cobertera era de 0, 53, 93 y 133 unidades en forma de N.A. 33,5% en una sola vez. El ensayo tuvo también planteamiento estadístico con tres repeticiones y parcelas elementales de 90 metros cuadrados.

Año	1990		1992		1993		1994		1995		Media	
	kg	Test										
Dosis 0	1.990		1.416		3.585		611		1.126		1.734	
Dosis 53	1.603		1.064		4.311		944		1.174		1.726	
Dosis 93	1.861		1.064		4.059		1.074		968		1.708	
Dosis 133	1.827		1.231		4.163		852		857		1.713	

Test: Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes.

Efecto sobre el peso específico.

Dosis	1992		1993		1994		1995		Media	
	Media	Test								
NITROGENO										
0	59,1		68,1		66,5		64,8		64,6	
80	55,9		67,5		63,3		61,7		62,2	
160	53,0		66,7		62,5		56,3		60,2	
FOSFORO										
0	57,8		67,4		64,0		61,6		63,0	
60	55,2		67,4		63,4		59,8		61,7	
120	54,5		67,1		63,8		59,9		61,5	
POTASIO										
0	55,7		67,9		63,8		60,6		62,2	
70	55,8		67,7		63,8		60,2		62,2	
140	55,0		66,6		63,5		59,9		61,4	
Media	55,4		67,3		63,7		60,2		61,9	
CV %	8,7		2,5		3,5		7,6		9,3	

Test: Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí.

División de parcelas y efecto residual.

El año 1995 se efectuó una división en las parcelas elementales, tratando la mitad con la dosis completa de nitrógeno y la otra mitad sin la segunda cobertera. En los cuadros generales se han expuesto los resultados de la parte con abonado nitrogenado completo. Se expone aquí el resultado de las dos subparcelas.

En otoño de 1995 se sembró trigo duro en la parcela de Sierra de Luna y no se abonó nada en siembra ni en cobertera. Se pretendía evaluar el efecto residual del abonado de los cinco años anteriores sobre la producción de trigo. Se hizo la recolección como en años anteriores respetando las 45 parcelas y a dos pasadas de cosechadora por parcela elemental. El análisis estadístico de los resultados en kg/ha fue el siguiente:

Pluviometría: Otoño: 155 • Invierno - Primavera: 306

Campaña 95 (cebada)			Campaña 96 (trigo duro) sólo efecto residual								
Nitrógeno			Nitrógeno			Fósforo			Potasio		
Dosis	Kg/ha	Test	Dosis	Kg/ha	Test	Dosis	Kg/ha	Test	Dosis	Kg/ha	Test
0	1.005		0	1.284		0	1.509		0	1.675	
50	995		50	1.688		60	1.775		70	1.684	
80	931		80	1.737		120	1.814		140	1.822	
120	635		120	2.015							
160	537		160	1.964							
MT	0		MT	>160			100			> 140	
OE	0		OE*	> 160			100			> 140	

Test: Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí.

M.T. = Unidades Fertilizantes que hubiesen dado la máxima producción. O.E. = Unidades Fertilizantes que hubiesen otorgado el mejor rendimiento económico.

* El óptimo económico en el año 96 coincide con el máximo técnico, puesto que no hay coste de fertilización imputable.

Efecto residual de las combinaciones aportadas los cinco años anteriores sobre el rendimiento del trigo el año 1996.

Variante	kg/ha	Test	BB
160-120-0	2.023	d	23.114
160-120-70	2.053	d	23.894
80-60-140	2.022	d	23.088
160-120-140	1.992	d	22.308
160-60-140	1.915	cd	20.306
160-60-70	1.962	cd	21.528
160-0-140	1.839	bcd	18.330
80-60-0	1.731	abcd	15.522

Variante	kg/ha	Test	BB
80-60-70	1,793	abcd	17,134
80-120-140	1.685	abcd	14.326
80-120-70	1.594	abcd	11.960
80-0-70	1.594	abcd	11.960
0-120-140	1.348	abc	5.564
0-60-70	1.256	ab	3.172
0-0-0	1.134	a	-

BB = Beneficio bruto debido al contenido de elementos en el suelo procedente de la fertilización de años anteriores (en este caso no hay coste de fertilizante). Se ha calculado como incremento respecto al 0 - 0 - 0.

Test: Los resultados que contienen la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

Comentarios:

Tras la exposición de estos datos podemos decir que:

Nitrógeno: el efecto resulta altamente significativo ($p < 0,01$) todas las campañas excepto la del 90, que es sólo significativo ($p < 0,05$). Su efecto depende estrechamente de la humedad del suelo. En años secos cualquier aplicación produce efectos negativos. Por esta razón, el óptimo de aplicación se sitúa entre 0 U.F., dos de los años, y 63 U.F el año más húmedo. El óptimo económico del año medio está en torno a 30 U.F.; en cualquier caso, por encima de las 60 U.F. se entraría en pérdidas cualquiera de los años ensayados.

En el ensayo de dosis de nitrógeno en cobertera, se confirma que dosis altas de nitrógeno pueden traducirse en descensos de producción, especialmente si el año es seco. Como media de los cinco años de ensayo, los resultados de todas las dosis resultan prácticamente iguales.

Resulta muy marcado el efecto del nitrógeno sobre el peso específico. Todos los años la dosis 0 otorga un peso específico superior, con alta significación estadística. La media de los cuatro años en que este parámetro fue controlado resulta en la dosis '0' 2,4 puntos superior a la dosis 80 y esta última, 2,0 puntos superior a la dosis 160.

El año 1996 se detecta un importante efecto residual de cualquier dosis de abonado nitrogenado aportada en las campañas anteriores. Los rendimientos son significativamente crecientes a dosis crecientes de abonado del año anterior.

Fósforo: sólo el primer año de ensayo resultó su efecto altamente significativo ($p < 0,01$), con un incremento de producción muy importante en cualquier dosis. Aunque la aplicación se traduce normalmente en incrementos de producción, estos suelen no alcanzar la rentabilidad económica.

Aunque todos los años las dosis bajas de fósforo proporcionan pesos específicos más altos, las diferencias no son estadísticamente significativas.

Existe efecto residual, que se detecta el año 96. Las dosis crecientes de abonado fosfórico de años anteriores proporcionan rendimientos crecientes, aunque sólo hay diferencias estadísticamente significativas entre la 0 y cualquier aplicación.

Potasio: ningún año hay diferencias estadísticas significativas en los resultados de producción.

El potasio no tiene apenas incidencia sobre el peso específico; en todo caso, dosis altas parecen reducir este parámetro de calidad. No se da en el potasio efecto residual significativo.

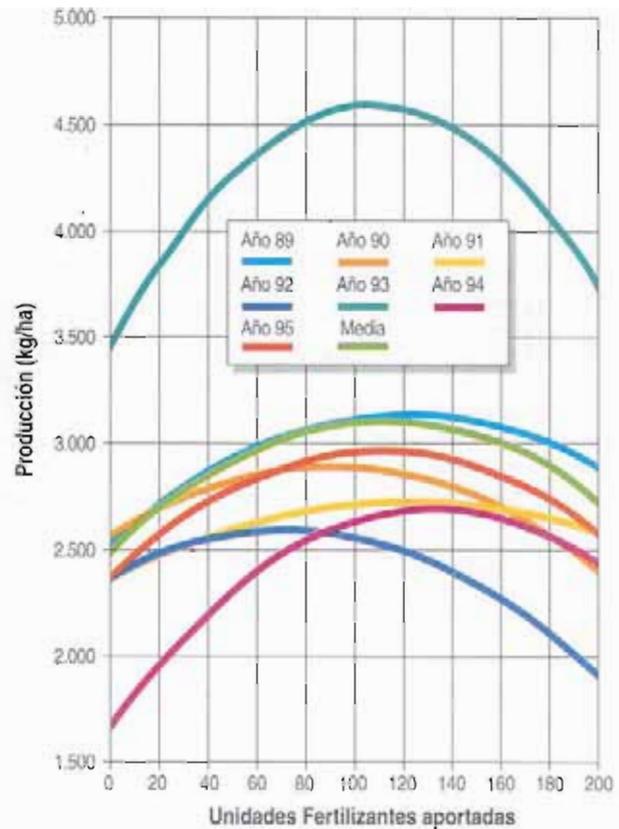
Combinaciones: respecto a los resultados por combinaciones, los mejores resultados económicos corresponden tres de los cinco años a la 0-0-0, uno a la 80-0-70 y otro a la 80-60-70. La óptima será intermedia y se ha calculado en el cuadro resumen final.



Foto 3. Ensayo de Esquedas.

Autor: J. Betrán.

Abonado nitrogenado (Esquedas)



Esquedas.

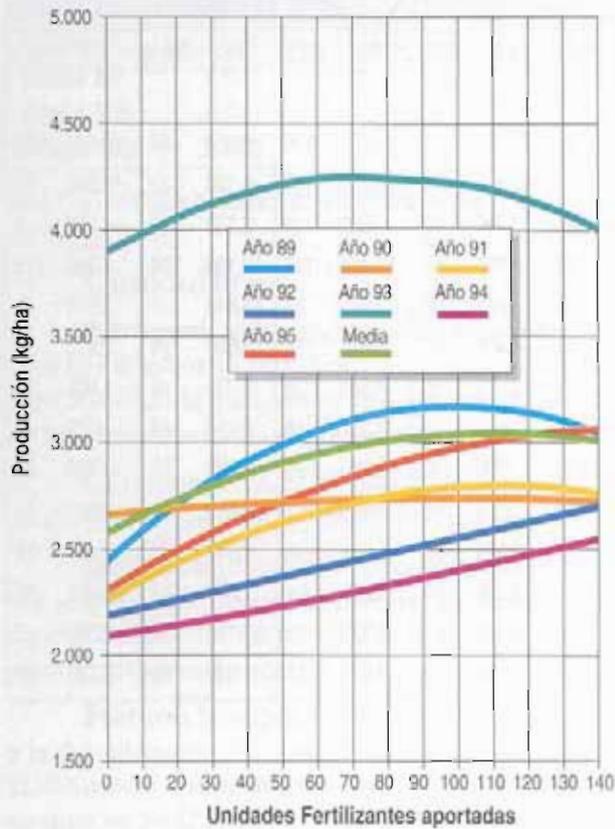
Efectos productivos individuales: al estudiar la respuesta productiva a cada uno de los elementos fertilizantes se obtuvieron los siguientes resultados medios para cada dosis (expresados en kg/ha):

Pluviometr.	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Media
Otoño ⁽¹⁾	89	149	198	57	210	164	216	155
Inv.-Primav. ⁽²⁾	196	307	138	214	175	149	102	183

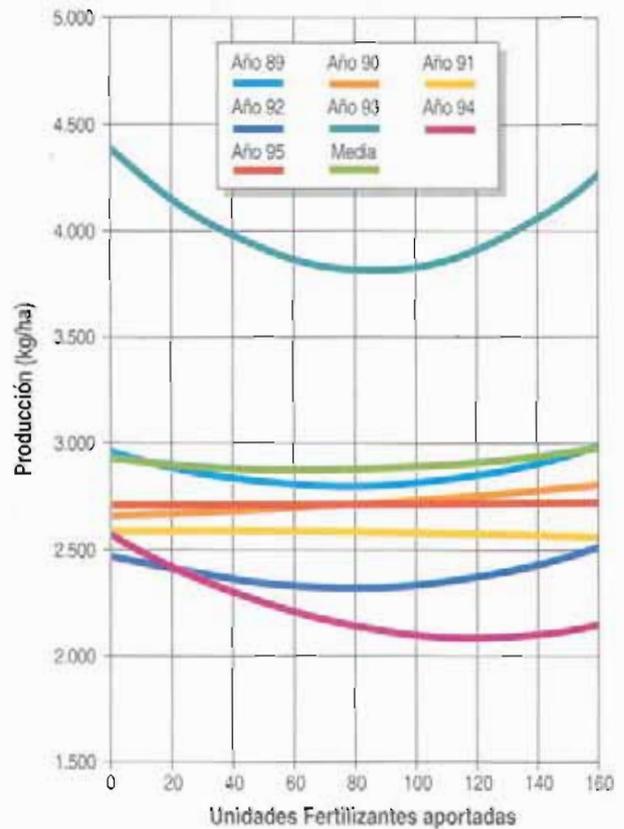
Dosis	kg Test							
NITROGENO								
0	2.529	2.561	2.363	2.375	3.453	1.666	2.376	2.483
80	3.055	2.882	2.682	2.583	4.509	2.527	2.917	3.050
160	3.064	2.694	2.693	2.260	4.306	2.646	2.839	2.981
M.T.	121	90	123	71	107	133	110	111,3
O.E.	82	50	56	33	91	105	77	79,2
FOSFORO								
0	2.457	2.672	2.268	2.186	3.903	2.093	2.314	2.575
60	3.056	2.728	2.679	2.408	4.233	2.270	2.789	2.946
120	3.135	2.737	2.791	2.624	4.132	2.476	3.039	3.838
M.T.	99	101	112	>120	76	>120	151	110
O.E.	69	0	60	0	40	0	85	54
POTASIO								
0	2.958	2.665	2.592	2.484	4.404	2.577	2.717	2.929
70	2.799	2.708	2.587	2.314	3.830	2.171	2.709	2.876
140	2.891	2.764	2.559	2.420	4.034	2.091	2.707	2.931
M.T.	-	> 140	0	-	-	-	-	> 140
O.E.	0	0	0	0	0	0	0	0

⁽¹⁾ Octubre a diciembre. (mm) ⁽²⁾ Enero a junio. (mm) **Test:** Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí. **M.T.** = Unidades Fertilizantes que hubiesen dado la máxima producción. **O.E.** = Unidades Fertilizantes que hubiesen otorgado el mejor rendimiento económico.

Abonado fosfórico (Esquedas)



Abonado potásico (Esquedas)



Efectos combinados:

Pluviometr.	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Media
Otoño ⁽¹⁾	89	149	198	57	210	164	216	155
Inv.-Primav. ⁽²⁾	196	307	138	214	175	149	102	183

Combinac.	kg	Test	kg	Test	kg	Test	kg	Test	kg	Test	kg	Test	kg	Test		
0-0-0	2.295	a	2.406	a	2.167	a	2.212	abc	3.622	abc	1.884	abc	2.004	a	2.370	a
0-60-70	2.477	ab	2.598	ab	2.507	cd	2.476	abcd	3.425	ab	1.515	ab	2.533	abc	2.504	ab
0-120-140	2.815	abcde	2.679	abc	2.417	bc	2.435	abcd	3.312	a	1.600	a	2.524	abc	2.540	abc
80-0-70	2.505	abc	2.803	bc	2.354	abc	2.139	ab	4.025	bcd	2.155	abcd	2.382	ab	2.623	a
80-60-0	3.124	abcde	2.909	bc	2.701	de	2.671	de	4.889	f	2.799	efg	3.097	bc	3.170	de
80-60-70	3.141	abcde	2.914	bc	2.875	efg	2.481	abcd	4.448	def	2.564	defg	3.151	c	3.082	de
80-120-70	3.185	abcde	2.803	bc	2.798	ef	2.587	cd	4.073	cd	2.520	defg	2.982	bc	2.992	de
80-60-140	3.458	de	3.032	c	2.715	de	2.648	de	4.898	f	2.288	defg	2.902	c	3.135	c
80-120-140	3.357	bode	2.931	bc	3.055	g	3.023	e	4.476	def	2.604	defg	3.271	c	3.245	c
160-0-140	2.570	abcd	2.808	bc	2.285	ab	2.208	abc	4.063	cd	2.240	bode	2.604	abc	2.682	abcd
160-120-0	3.456	de	2.679	abc	2.910	efg	2.569	cd	4.701	ef	3.049	g	3.204	bc	3.224	e
160-60-70	3.119	abcde	2.589	ab	2.840	c f	2.101	a	4.110	cde	2.444	cdef	2.831	abc	2.862	bcd
160-60-140	3.385	cde	2.689	abc	2.750	e	2.106	a	4.110	cde	2.466	cdefg	2.924	abc	2.919	cde
160-120-70	3.492	e	2.916	bc	2.875	efg	2.527	bcd	4.284	def	2.866	fg	3.355	c	3.182	de
160-120-140	2.977	abcde	2.645	ab	2.966	fg	2.421	abcd	4.429	def	2.711	defg	3.471	c	3.091	de
Media	3.024		2.760		2.683		2.441		4.191		2.381		2.856		2.909	

⁽¹⁾ Octubre a diciembre. (mm) ⁽²⁾ Enero a junio. (mm)

Test: Los resultados que contienen la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

Resultados económicos:

Año Combinación	1989		1990		1991		1992		1993		1994		1995		Año Medio	
	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%	BB	BB%
0-0-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-60-70	-4.236	-53	-4.026	-50	-918	-11	-2.514	-31	-12.195	-151	-15.807	-196	3.051	38	-5.244	-65
0-120-140	-5.196	-32	-10.383	-64	-10.866	-67	-11.433	-71	-22.626	-140	-22.808	-137	-5.196	-32	-12.546	-78
80-0-70	-596	-12	3.331	67	-1.079	-22	-6.539	-131	3.457	69	685	14	2.932	59	307	6
80-60-0	9.595	123	2.749	35	3.400	44	1.825	23	18.793	241	11.401	146	15.139	194	8.986	115
80-60-70	7.327	70	229	2	4.429	42	-4.790	-46	6.907	66	3.841	37	13.648	131	4.513	43
80-120-70	2.818	18	-7.535	-47	-2.691	-17	-7.997	-50	-6.401	-40	-2.516	-16	4.666	29	-2.810	-18
80-60-140	11.359	87	82	1	-1.556	-12	-3.908	-30	13.732	105	-4.580	-35	5.794	44	3.001	23
80-120-140	3.805	21	-7.472	-40	151	1	-1.466	-8	-563	-3	-3.377	-18	8.110	44	-122	-1
160-0-140	-4.236	-42	-1.569	-16	-7.533	-75	-10.095	-101	-750	-7	-2.535	-25	2.589	26	-3.459	-35
160-120-0	8.754	56	-9.894	-63	-24	0	-8.130	-52	7.032	45	8.838	57	9.573	61	2.307	15
160-60-70	4.485	35	-8.976	-70	1.314	10	-15.150	-118	-2.571	-20	-1.059	-8	4.548	35	-2.487	-19
160-60-140	7.446	48	-9.501	-62	-3.201	-21	-17.670	-114	-5.196	-34	-3.222	-21	3.876	25	-3.915	-25
160-120-70	6.885	38	-7.542	-41	-3.384	-19	-11.637	-64	-4.350	-24	2.370	13	10.119	55	-1.200	-7
160-120-140	-6.555	-31	-15.858	-76	-3.678	-18	-16.488	-79	-3.930	-19	-3.510	-17	9.930	48	-5.736	-27

BB = Beneficio bruto debido al fertilizante.

BB% = Beneficio bruto obtenido por cada 100 pesetas invertidas en fertilizante.

Efecto sobre el peso específico:

Dosis	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Media
	Media Test							
NITROGENO								
0	77,0	63,1	69,4	57,3		69,9	65,8	67,7
80	70,1	62,0	67,5	53,8		70,5	63,6	65,5
160	71,9	60,2	66,1	52,6		69,4	60,8	64,7
FOSFORO								
0	71,0	61,5	67,5	53,4		70,6	61,68	65,23
60	70,4	61,2	68,1	53,7		69,9	62,54	65,03
120	74,5	62,6	67,5	55,9		69,7	63,94	65,93
POTASIO								
0	72,7	61,4	67,1	53,9		70,9	62,8	65,6
70	70,1	62,1	68,0	52,9		69,1	62,9	64,9
140	74,0	61,8	67,2	55,2		70,4	63,0	65,9
Media	72,2	61,7	67,5	54,0		69,9	62,9	65,4
CV%	15,6	6,3	3,4	6,6		3,3	4,6	12,1

Test: Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí.

Respuesta a las distintas dosis de nitrógeno en cobertera: al igual que en Sierra de Luna, en una parcela contigua se trató de ver la respuesta de la cebada a distintas dosis de nitrógeno en cobertera, completando las 36 unidades incorporadas en la siembra hasta llegar a las 80, 120 y 160 por lo que lo incorporado en cobertera era de 0, 44, 84 y 124 unidades en forma de N.A. 33,5% en una sola vez.

Año	1989		1990		1992		1994		1995		MÉDIA	
	kg	Test										
Dosis 0	1.981		2.564		1.532		2.057		2.408		2.109	
Dosis 80	1.974		2.845		1.513		2.382		2.533		2.250	
Dosis 120	2.341		2.660		1.462		2.800		2.524		2.358	
Dosis 160	2.462		2.458		1.254		2.702		2.364		2.249	

Test: Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí.

Comentarios:

Nitrógeno: todas las campañas la aplicación de 80 U.F. es significativamente superior a la 0. En ningún caso hay diferencias significativas a favor de la dosis más alta; al contrario, dos de los años, la dosis 160 U.F. hace disminuir la producción. Los óptimos económicos calculados están entre 33 y 105 U.F.; para el año medio de los siete ensayados el óptimo económico es de 79 U.F. con una producción de 3.050 kg/ha.

La respuesta en el ensayo de dosis de N en cobertera ha sido desigual; sin diferencias estadísticas concluyentes, los mejores resultados parecen confirmarse entre las dosis 80 y 120 U.F.

Las aplicaciones de nitrógeno crecientes producen descenso del peso específico. En el año medio de los seis en que se controló este parámetro, la dosis 0 proporciona una media de peso específico significativamente mayor que la dosis 160 U.F., y cinco de los años la dosis 0 tiene un peso específico significativamente superior a cualquier aplicación.

Fósforo: la respuesta productiva a las aportaciones es importante; en algunas campañas comparable a la del nitrógeno. El óptimo económico se sitúa entre 0 U.F. para tres campañas y 85 U.F. del año 95. En el año medio, existe diferencia significativamente positiva a la aplicación de fósforo y el óptimo económico se sitúa en 54 U.F.

El efecto sobre el peso específico ha resultado positivo tres de las seis campañas en que se ha controlado, aunque no llega a tener significación estadística. En el año medio no existen diferencias significativas de peso específico debidas a la aplicación de fósforo.

Potasio: su aportación no se ha traducido en resultados productivos ninguno de los siete años de ensayo. Más aún, los años 93 y 94 los resultados de la aplicación fueron significativamente inferiores a la no aplicación. En el año medio no hay diferencias y el óptimo económico de la aplicación de potasio resulta de 0 U.F.



Foto 4. Aplicación abonado segunda cobertera.

Autor: M. Pérez.

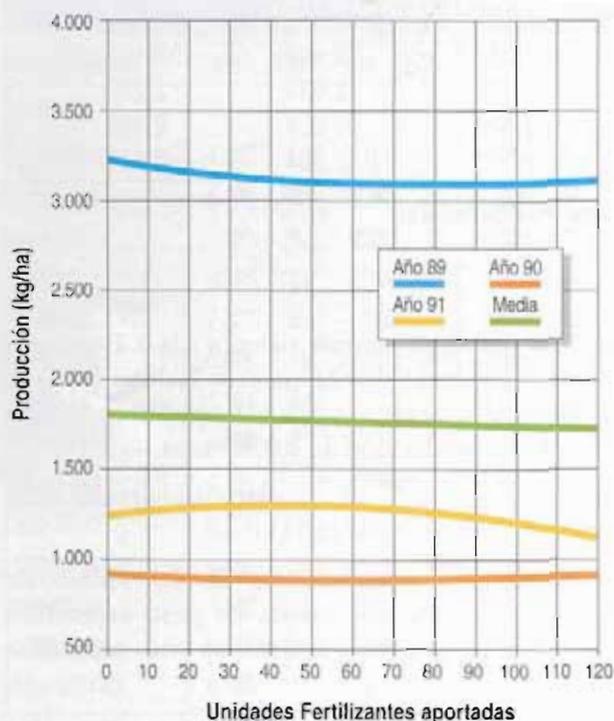
Respecto al peso específico, el efecto del potasio es irregular y escasamente significativo. En el año medio, ninguna aportación resulta significativamente diferente de las demás, ni del 0.

Efecto combinado N-P-K: respecto a las combinaciones ensayadas, la que con más frecuencia alcanza los mayores efectos productivos es la 80-120-140, seguida de la 80-60-140 y de otras con más nitrógeno (160-120-0, 160-20-70 y 160-120-140) sólo un año cada una, los más húmedos.

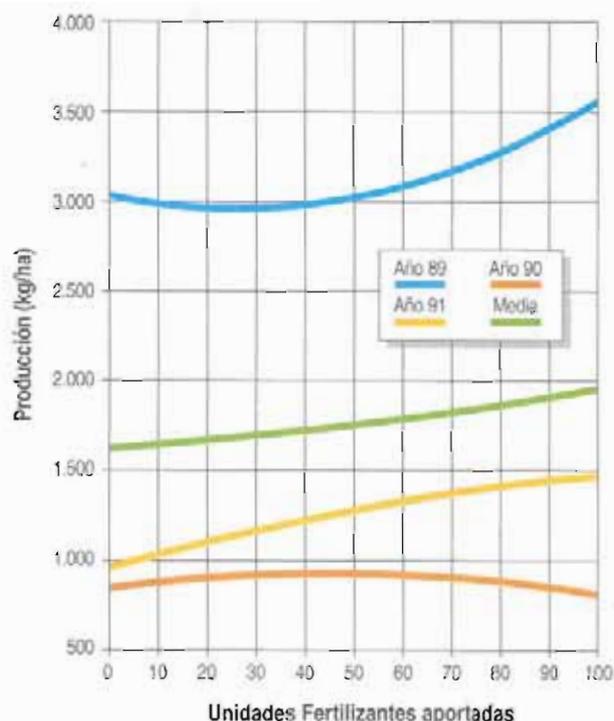
Sin embargo, **en cuanto a resultados económicos**, la de mejor comportamiento ha sido la combinación 80-60-0, claramente más rentable a partir del cuarto año de ensayo. No obstante, la mejor combinación posible no tiene porque corresponder con ninguna de las ensayadas, sino que debe calcularse con la información que éstas proporcionan.

El cálculo de las combinaciones óptimas ha proporcionado las fórmulas de abonado teóricas que se hubiesen comportado mejor desde el punto de vista económico; aunque el potasio aparece en estas fórmulas dos de los siete años, lo hace por un estrecho margen. La fórmula que resulta óptima para el año medio es de 72-54-0, muy próxima a la 80-60-0 realmente ensayada, y a los óptimos calculados individualmente para N, P y K.

Abonado nitrogenado (Zuera)



Abonado fosfórico (Zuera)



Zuera.

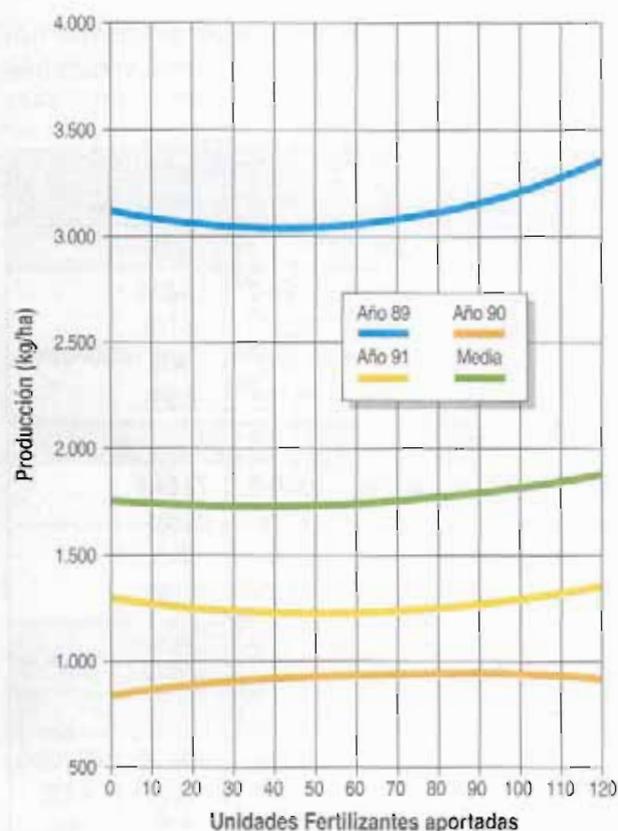
Efectos productivos individuales: al estudiar la respuesta productiva a cada uno de los elementos fertilizantes se obtuvieron los siguientes resultados medios para cada dosis (expresados en kg/ha):

Pluviometría	1989	1990	1991	Media
Otoño ⁽¹⁾	73	118	87	93
Inv.-Primav. ⁽²⁾	155	150	151	152

Dosis	kg	Test	kg	Test	kg	Test	kg	Test
NITROGENO								
0	3.208		919		1.243		1.790	
50	3.192		883		1.302		1.763	
100	3.177		903		1.206		1.733	
M.T.	0		0		44		0	
O.E.	0		0		0		0	
FOSFORO								
0	3.212		853		969		1.649	
40	3.073		932		1.230		1.733	
80	3.292		887		1.415		1.865	
M.T.	> 80		46		> 80		> 80	
O.E.	0		0		66		80	
POTASIO								
0	3.116		832		1.280		1.742	
50	3.217		912		1.215		1.754	
100	3.201		918		1.275		1.798	
M.T.	> 100		79		0		35,4	
O.E.	0		18		0		0	

⁽¹⁾ Octubre a diciembre. (mm) ⁽²⁾ Enero a junio. (mm) **Test:** Los resultados marcados en una misma vertical no son estadísticamente diferentes entre sí. **M.T.** = Unidades Fertilizantes que hubiesen dado la máxima producción. **O.E.** = Unidades Fertilizantes que hubiesen otorgado el mejor rendimiento económico.

Abonado potásico (Zuera)



aunque siempre por escasa diferencia. Sin embargo, desde un punto de vista económico, la opción 0-0-0 ha sido siempre la más rentable de las ensayadas. La fórmula calculada que hubiese resultado más rentable incluye únicamente fósforo dos de los tres años, y para el año medio la fórmula más recomendable es la 0-40-0 para un rendimiento medio de 1.924 kg/ha y un margen bruto debido al fertilizante de 1.538 pts/ha.

Comentarios:

Nitrógeno: la aplicación de nitrógeno no produjo incremento de rendimiento ninguno de los años de ensayo. Las medias son prácticamente coincidentes, especialmente en el año medio. El óptimo económico de la fertilización nitrogenada resulta de 0 U.F. El ensayo de dosis nitrogenadas en cobertera confirman esa situación. Los años 89 y 91 no hubo respuesta positiva a las aplicaciones de nitrógeno.

Fósforo: sólo el tercer año de ensayo otorga incrementos de producción en respuesta a dosis crecientes de fósforo, la producción de cada aporte es significativamente superior a la anterior. En el año medio, aunque no hay diferencias estadísticamente significativas, el óptimo económico calculado resulta de unas 80 U.F.

Potasio: no aparecen diferencias de producción como consecuencia de la aplicación de potasio ninguno de los años del ensayo. Sólo el año 90 aparece una cierta respuesta con un óptimo económico de 18 U.F. En el año medio el óptimo económico es de 0 U.F.

Efecto combinado N-P-K: de las combinaciones ensayadas, las más productivas han sido la 50-40-100 el primer año y la 100-80-100 los otros,

Resultados dosis ensayadas.

Combinac.	1989				1990				1991				Test	Media			
	kg	Ind.	BB	BB%	kg	Ind.	BB	BB%	kg	Ind.	BB	BB%		kg	Ind.	BB	BB%
0-0-0	3.158	100	0	-	827	100	0	-	1.099	100	0	-	ab	1.695	100	0	-
0-40-50	3.111	99	-6.484	-118	979	118	-2.305	-42	1.274	116	-1.822	-33	bc	1.788	105	-3.544	-64
0-80-100	3.356	106	-6.836	-62	952	115	-8.369	-76	1.354	123	-5.639	-51	bc	1.887	111	-6.962	-63
50-0-50	3.278	104	-2.677	-52	802	97	-5.722	-110	934	85	-8.662	-167	a	1.577	93	-7.675	-148
50-40-0	3.032	96	-9.590	-138	870	105	-6.041	-87	1.313	119	-2.450	-35	bc	1.738	103	-6.401	-87
50-40-50	2.991	95	-12.326	-140	939	114	-6.467	-73	1.273	116	-5.165	-59	bc	1.734	102	-8.000	-91
50-80-50	3.472	110	-5.847	-47	916	111	-10.572	-85	1.461	133	-4.839	-39	c	1.950	115	-7.086	-57
50-40-100	3.297	104	-7.775	-73	968	117	-7.733	-72	1.324	120	-5.969	-56	bc	1.863	110	-7.166	-67
50-80-100	3.102	98	-15.492	-108	804	97	-14.799	-103	1.507	137	-5.748	-40	c	1.804	106	-12.027	-84
100-0-100	3.213	102	-9.239	-89	931	113	-8.210	-79	873	79	-15.140	-146	a	1.672	99	-10.877	-105
100-80-0	3.157	100	-13.909	-100	798	96	-14.497	-104	1.427	130	-7.000	-50	c	1.794	106	-11.809	-85
100-40-50	3.111	99	-13.128	-108	968	117	-9.180	-76	1.102	100	-12.078	-99	ab	1.645	97	-13.191	-109
100-40-100	2.908	92	-19.266	-137	870	105	-13.113	-94	1.097	100	-14.058	-100	ab	1.625	96	-15.486	-110
100-80-50	3.334	106	-12.067	-77	869	105	-14.881	-94	1.248	114	-12.634	-80	bc	1.817	107	-13.201	-84
100-80-100	3.333	106	-13.963	-79	985	119	-14.320	-81	1.492	136	-9.385	-53	c	1.937	114	-12.556	-71

Nota: Los años 89, 90 y la media no tienen diferencias significativas en el test. **BB:** Beneficio bruto debido al fertilizante. **BB%:** Beneficio bruto obtenido por cada 100 pesetas invertidas en fertilizante. **Ind:** Variación de la producción sobre el tratamiento sin abonado (100).

Resumen General de producciones.

En el siguiente cuadro se resumen, para cada ensayo, las combinaciones realmente ensayadas que han dado el mayor incremento de beneficio bruto y la combinación calculada para el óptimo económico cada uno de los años.

	Año	89	90	91	92	93	94	95	Año medio		
Esquedas	Combinaciones ensayadas										
	Fórmula	80-60-140	80-0-70	80-60-70	80-60-0	80-60-0	80-60-0	80-60-0	80-60-0	80-60-0	
	Producc.	3.458	2.803	2.875	2.671	4.889	2.799	3.097	3.170		
	Incr. Prod.	1.163	397	708	459	1.267	915	1.093	800		
	Incr. B.B.	11.359	3.331	4.429	1.825	18.793	11.401	15.139	8.986		
	Óptimo económico calculado										
	Fórmula	104-72-0	32-0-140	56-36-0	24-120-0	64-12-140	88-0-0	68-90-0	72-54-0		
	Producc.	3.346	2.970	2.596	2.967	4.678	2.657	3.134	3.085		
	Incr. Prod.	1.051	564	429	755	1.056	773	1.130	715		
	Incr. B.B.	11.783	4.555	2.334	3.320	11.656	10.848	9.600	5.699		
Sierra Luna	Año	89	90	91	92	93	94	95	Año medio	96 *	
	Combinaciones ensayadas										
	Fórmula		80-60-70		0-0-0	80-0-70	0-0-0	0-0-0	80-0-70	160-120-0	
	Producc.		2.402		1.472	4.133	834	1.048	1.979	2.122	
	Incr. Prod.		843		0	785	0	0	115	182	
	Incr. B.B.		7.264		0	11.479	0	0	454	24.908	
	Óptimo económico calculado										
	Fórmula		0-120-0		0-63-0	68-0-67	20-0-7	0-0-0	8-120-0	160-78-0	
	Producc.		2.923		1.758	4.041	944	1.048	2.322	2.106	
	Incr. Prod.		1.364		286	693	110	0	603	942	
Incr. B.B.		17.202		755	7.642	601	0	1.246	7.704		
Zuera	Año	89	90	91	92	93	94	95	Año medio		
	Combinaciones ensayadas										
	Fórmula	0-0-0	0-0-0	0-0-0					0-0-0		
	Producc.	3.158	827	1.099					1.695		
	Incr. Prod.	0	0	0					0		
	Incr. B.B.	0	0	0					0		
	Óptimo económico calculado										
	Fórmula	0-80-0	0-0-0	0-32-0					0-42-0		
	Producc.	3.648	827	1.346					1.924		
	Incr. Prod.	490	0	247					229		
Incr. B.B.	4.751	0	2.319					1.538			

* Sólo efecto residual; no hubo abonado ese año.

El Nitrógeno aparece todos los años en la combinación óptima del secano subhúmedo de Esquedas, y varía entre 24 y 104 U.F. según la pluviometría. Sin embargo, en el secano semiárido de Sierra de Luna, y mucho más en el secano árido de Zuera, el nitrógeno queda excluido de la combinación óptima.

El Fósforo aparece en la mayor parte de las combinaciones óptimas, y su efecto es importante también en las pluviometrías bajas, incluso con contenidos de fósforo en el suelo medios o altos.

El Potasio aparece ocasionalmente en las fórmulas óptimas, y su contribución al rendimiento es siempre pequeña. Se ha partido de suelos con nivel medio de potasio.

Efectos sobre el tamaño del grano.

Además de los efectos ya expuestos sobre la producción y el peso específico, se controló también el calibre del grano obtenido. Exponemos a continuación un resumen de los resultados, expresados como porcentaje en peso de grano mayor de 2,5 mm, para los ensayos de Sierra de Luna y Esquedas.

		Dosis	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Media
Esquedas	N	0	89,7	80,8	77,8	79,3		96,6	95,0	85,1
		80	85,5	60,7	70,4	68,9		94,3	92,0	78,9
		160	84,1	51,0	63,0	64,8		92,2	86,4	74,0
	P	0	89,1	53,3	62,2	72,8		94,5	87,1	76,8
		60	86,4	59,5	71,9	66,0		93,3	90,1	78,1
		120	83,3	61,1	68,8	71,1		94,3	92,3	78,8
	K	0	86,3	59,6	67,5	69,0		94,3	92,4	78,6
		70	84,8	57,7	69,6	66,7		93,6	90,1	77,7
		140	86,0	59,7	68,9	72,1		94,1	89,7	78,5
Sierra de Luna	N	0				82,9	98,4	91,1	87,2	90,3
		80				62,8	96,4	82,9	78,0	80,5
		160				58,4	95,4	80,1	74,7	77,6
	P	0				72,6	96,7	85,1	80,4	84,4
		60				65,8	96,6	82,2	83,4	81,9
		120				61,0	96,0	83,8	72,7	79,2
	K	0				65,9	96,4	85,8	78,0	82,0
		70				65,9	96,8	82,6	81,6	82,0
		140				64,1	96,0	83,0	75,7	80,3

Conclusiones generales.

El efecto del **nitrógeno** está estrechamente ligado a la pluviometría. Si la pluviometría es baja, el nitrógeno presente en el suelo, procedente en su mayor parte de la mineralización de la materia orgánica, es suficiente para otorgar las mayores producciones posibles.

El nitrógeno es el elemento con mayor efecto positivo cuando su aplicación se ajusta a las necesidades; pero también el de mayor efecto negativo cuando el aporte supera las necesidades de una producción limitada por la disponibilidad de agua. Además, cualquier aportación de nitrógeno hace disminuir el peso específico y el calibre del grano.

El **fósforo** muestra un fuerte efecto productivo la mayor parte de los años en las tres localidades. El efecto fósforo con bajas pluviometrías es comparable o superior al del nitrógeno. No tiene efectos claros sobre el peso específico ni sobre el calibre, aunque parece que, en condiciones de disponibilidad de agua, aumenta el tamaño del grano.

El **potasio** ha tenido un efecto muy reducido en las tres localidades. Con frecuencia el efecto es negativo, y cuando aparece en la combinación óptima lo hace siempre por estrecho margen. No aparecen efectos claros sobre el peso específico. No tiene efecto significativo sobre el tamaño del grano.



Foto 5. Recolección del ensayo de Zuera.

Autor: J. Betrán.

Recomendaciones.

Nitrógeno:

En la fertilización nitrogenada debe tenerse siempre en cuenta el contenido de materia orgánica del suelo y los aportes de nitrógeno en formas orgánicas. La dosis se reducirá también si el cultivo anterior recibió más nitrógeno del necesario para la producción obtenida, tanto más cuanto menores hayan sido las precipitaciones durante el verano y el otoño.

La práctica de la fertilización nitrogenada viene condicionada por la pluviometría media de la zona y la del año concreto:

- En los secanos húmedos y subhúmedos aplicar en torno a 22 U.F. de N por cada 1.000 kg de rendimiento previsto, repartido en, aproximadamente un cuarto en fondo (entre 20 y 30 U.F.) y el resto en cobertera, reduciendo ésta si falta agua.
- En secanos áridos y semiáridos el riesgo de descenso de producción por aplicación de nitrógeno es mayor que el de no aplicarlo. No aplicar nitrógeno en sementera y aportar una dosis reducida (en torno a 22 U.F. por cada 1.000 kg de rendimiento previsto) en cobertera si hay humedad.

Fósforo:

Guiarse por el análisis de suelo. Salvo en suelos muy ricos o que reciban aportes orgánicos en forma de purines, aportar siempre una dosis mínima que dependerá del contenido en el suelo y de la producción potencial, pero que se sitúa en torno a las 60 U.F.

Potasio:

Guiarse también por el análisis de suelo. Salvo suelos pobres o muy pobres en potasio, su aplicación no es indispensable en la fertilización de cereales de invierno.

Estos ensayos, que se han realizado en áreas agroclimáticas distintas y bajo condiciones de fertilidad de suelo diferentes, proporcionan una información muy valiosa para basar las orientaciones de abonado en secano. No obstante, la generalización de sus conclusiones debe tener en cuenta la situación del suelo y condiciones climáticas de cada caso concreto.

Información elaborada por:

Betrán Aso, Jesús A.

Pérez Berges, Manuel

Responsables de los ensayos:

Colaboraron:

Laboratorio Agroambiental.

Unidad Técnica de Cultivos Herbáceos. Centro de Técnicas Agrarias.

Gutiérrez, Miguel (Sierra Llna) y *Cambra, José Antonio* (Esquedas).

Cortés Plá, Angel y las Unidades de Suelos y Aguas, Foliare y Abonos del Laboratorio Agroambiental.

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la D.G.A.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TÉCNICAS AGRARIAS:
Apartado de Correos 727 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 57 63 11, ext. 251.

■ Edita: Diputación General de Aragón. Dirección General de Tecnología Agraria. Servicio de Formación y Extensión Agraria. ■ Composición: Centro de Técnicas Agrarias. ■ Imprime: Los Sitios, talleres gráficos. ■ Depósito Legal: Z-3084/96. ■ I.S.S.N.: 1137/1730.

 **GOBIERNO DE ARAGON**

Departamento de Agricultura y Medio Ambiente