

ABONADO NITROGENADO EN MAÍZ

Optimo económico

C. Guillot⁽¹⁾, N. Muñoz⁽¹⁾
y J.M. Durán⁽²⁾

INTRODUCCION

Debido a la importancia del cultivo del maíz en España, que ocupa más de 500.000 ha. (MAPA, 1990), así como a la buena respuesta que este cultivo presenta a la aplicación de altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados (LLANOS, 1989; GUERRERO, 1987), es por lo que resulta de gran interés el conocer el óptimo económico (dosis de abono nitrogenado que maximiza los beneficios netos) del cultivo en función de los tipos de suelo considerados (arenosos, franco o arcilloso). Otra razón que justifica el estudio es la escasa información que existe sobre el tema, lo que muchas veces da lugar a programas de fertilización tradicionales que pudiendo alcanzar el óptimo técnico (la máxima producción por ha.) no alcanzan el óptimo económico normalmente.

Este artículo es el resumen de un trabajo de Curso realizado por los alumnos C. Guillot y N. Muñoz de la ETSI Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, con motivo de la asignatura «Cultivos Herbáceos Extensivos» de 5º Curso de la especialidad de Fitotecnia.



TABLA 1. Relación de variables utilizadas en el trabajo.

NOMBRE	DESCRIPCION	UNIDADES
BEN	Beneficio neto	Pts.ha ⁻¹
CTS	Costes totales	Pts.ha ⁻¹
ING	Ingresos brutos	Pts.ha ⁻¹
PAC	Precio del abono de cobertera (solución nitrogenada 32 %)	Pts.kg ⁻¹
PAS	Precio del abono de sementera (Complejo 15:15:15)	Pts.kg ⁻¹
PMG	Precio del maíz grano (14 %)	Pts.kg ⁻¹
PRD	Producción del maíz (14 %)	kg.ha ⁻¹
UNT	Nitrógeno total	kg.ha ⁻¹

METODOLOGIA

Las ecuaciones que expresan el beneficio neto del cultivo del maíz en función de las variables que se describen en la Tabla 1, han sido obtenidas a partir de los resultados presentados por BRATOS (1988). A partir de las ecuaciones anteriormente se-

ñaladas se ha estudiado la influencia de cada una de ellas sobre el beneficio. En el estudio económico se han considerado tanto aquellos costes que son independientes de la fertilización nitrogenada, cuya suma será una constante en la ecuación de beneficios, como aquellos que dependen de la producción y por tanto de la fertilización nitrogenada.

Un breve análisis de sensibilidad ha permitido poner de manifiesto cuál es la variable que más influye sobre la dosis óptima de abonado nitrogenado.

ANTECEDENTES

A partir de los resultados experimentales descritos por BRATOS (1988) en el número de la revista Fertilización (ERT) que describen la productividad alcanzada en el cultivo del maíz según el tipo de suelo (arenoso, franco o arcilloso) y considerando tan sólo los que corresponden a un aporte fraccionado de nitrógeno en tres partes iguales (33% en fondo, 33% en primera cobertura y 33% en segunda cobertura), se han obtenido 25 pares de puntos

(1) Alumnos (6º Curso)

(2) Catedrático Cultivos Herbáceos, ETSI Agrónomos, Madrid.

que han permitido hallar por mínimos cuadrados las curvas de regresión que se indican en la **Tabla 2**.

ESTUDIO ECONOMICO

Los costes de cultivo se han dividido en dos categorías, los costes independientes de la fertilización nitrogenada y aquellos que dependen de ella (GUERRERO, 1987).

A su vez (**Tabla 3**) los costes independientes de la fertilización nitrogenada se han dividido en costes de las labores (LA), costes de las materias primas (MP) y costes indirectos (CI). Para éllo han sido de gran utilidad los trabajos realizados por LOSADA (1984, 1988), MUÑOZ-VALERO (1987), ORTIZ-CAÑAVATE (1987), PEGUERO (1988) y RODRIGUEZ-GOMEZ (1988).

Como costes dependientes de la fertilización nitrogenada se han considerado los siguientes: El abonado de sementera, a base de un complejo del tipo 15:15:15; el abonado de cobertura, a base de una solución nitrogenada (32%), la recolección, el transporte y el secado.

Los ingresos esperados se han obtenido como producto del precio del maíz (Pts. kg⁻¹) referido a un 14% de humedad y de la producción (kg. ha⁻¹), la cual varía con la fertilización nitrogenada.

Para cada tipo de suelo los beneficios se han hallado por diferencia entre las ecuaciones de ingresos y de costes. Estas ecuaciones constituyen la **Tabla 4**.

La aplicación de labores de cultivo distintas a las que aquí se han especificado, siempre que sean independientes del abonado nitrogenado, sólo van a afectar a los costes fijos; por éllo, también podrían considerarse incluidas dentro del contenido general que aborda este estudio.

Desde un punto de vista riguroso, las distintas labores que afecten de forma directa o indirecta al aprovechamiento del nitrógeno por el maíz, influirán en la productividad. Es decir, para una misma dosis de abonado, según las operaciones de cultivo, obtendremos diferentes producciones. Esto modifica las curvas de producción por unidad de nitrógeno total (UNT), lo que ha constituido la base de este estudio. Esta influencia es relativamente pequeña y por éllo se puede despreciar y considerar el estudio generalizable a los casos anteriores.

ECUACIONES PARTICULARES

A partir de las ecuaciones generales de los beneficios (**Tabla 4**) se ha calculado la influencia de cada una de las variables independientes: nitrógeno (N), precio del maíz (M), precio del abonado de cobertura (C) y precio del abonado de sementera (S), sobre el beneficio obtenido al fijar las restantes con los siguientes valores de

TABLA 2. Parámetros (\pm error standard) de la regresión cuadrática entre la producción de maíz esperada (y, kg.ha⁻¹) y las unidades totales (sementera+cobertera) de nitrógeno aportadas (x, kg.ha⁻¹).

SUELO	$y = a + bx + cx^2$		
	a \pm SE	b \pm SE	c \pm SE
Arenoso	8167 \pm 109	23,9 \pm 1,8	-0,033 \pm 0,008
Franco	8293 \pm 34	24,0 \pm 0,5	-0,042 \pm 0,002
Arcilloso	8192 \pm 76	33,5 \pm 1,2	-0,053 \pm 0,005

TABLA 3. Costes independientes de la fertilización nitrogenada (Pts.ha⁻¹) del cultivo del maíz según diferentes tipos de suelo.

OPERACIONES Y MATERIAS PRIMAS	SUELO		
	ARENOSO	FRANCO	ARCILLOSO
<u>Labores (LA)</u>			
Quema de rastrojos.....	400	400	400
Estercolado.....	14.096	14.096	14.096
Alzada.....	5.018	5.855	6.691
Cultivador (2 pases)....	2.950	2.950	2.950
Abonado de sementera....	1.159	1.159	1.159
Enterrado de abono.....	1.809	1.809	1.809
Siembra.....	1.590	1.590	1.590
Escarda (1 ó 2 pases)....	4.375	8.750	8.750
Aplicación herbicida....	1.265	1.265	1.265
Tratamiento fitosanitario	1.159	1.159	1.159
Riegos.....	71.505	71.505	71.505
<u>Materias primas (MP)</u>			
Estiércol	18.000	18.000	18.000
Semilla	18.900	18.900	18.900
Herbicida	4.500	4.500	4.500
Insecticida gusanos del suelo	2.250	2.250	2.250
Insecticida taladro.....	822	822	822
Insecticida araña roja...	5.840	5.840	5.840
<u>Costes indirectos (CI)</u>			
Seguro de accidente.....	5.300	5.300	5.300
Seguridad Social Agraria.	4.500	4.500	4.500
Amortización y Conservación de las edificaciones.	2.420	2.420	2.420
Contribución Urbana.....	740	740	740
Imprevistos.....	1.000	1.000	1.000
TOTAL	169.598	174.810	175.646

EXTREMADURA

mercado: M, 26,5 Pts.kg⁻¹; C, 57,8 Pts.kg⁻¹ y S, 27,7 Pts.kg⁻¹. El valor de N (kg. ha⁻¹) es el que, para cada tipo de suelo, produce máximo beneficio.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En las ecuaciones particulares se ha analizado la variación del beneficio económico con las tres variables M, C y S. En este apartado se estiman las unidades nitrogenadas que producen el máximo beneficio económico en función de cada una de las variables anteriormente señaladas. Para ello se ha modificado un 10% cada una de las variables y se ha visto su efecto relativo sobre las mencionadas unidades nitrogenadas.

RESULTADOS

Por aplicación de los valores particulares del precio unitario del maíz (26,5 pts.kg⁻¹), del abono de sementera (27,7 pts.kg⁻¹) y del abono nitrogenado de cobertura (57,8 pts.kg⁻¹) a las ecuaciones descritas en la **Tabla 4**, para los distintos tipos de suelo, se han obtenido las representaciones que se describen en la **Figura 2**. El análisis de la evaluación del beneficio neto, expresado en miles de Pts.ha⁻¹, en función de los tres tipos de suelo considerados, nos lleva a los resultados que se muestran en la **Tabla 5**. Tal como en principio cabía esperar, el máximo beneficio se alcanza en los suelos arcillosos, donde estos beneficios llegan a ser próximos a 100.000 Pts.ha⁻¹. No obstante, contrariamente a lo esperado, no es en los suelos de textura arenosa donde se obtienen los menores beneficios.

Una explicación a esta aparente contradicción puede encontrarse al analizar la cantidad de nitrógeno total que es necesario aportar al cultivo, ya que son los suelos francos los que presentan la menor capacidad de aprovechamiento y/o transformación del nitrógeno aportado (sementera + cobertura).

Las **Fig. 3, 4 y 5** recogen la evolución de los beneficios netos que se obtienen en el cultivo del maíz, cuando el criterio seguido para su determinación está basado en la aplicación de las unidades de nitrógeno total (UNT) que producen el óptimo económico, utilizando para ello las ecuaciones que constituyen la **Tabla 4**. Con objeto de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos y poder desarrollar comparaciones concretas con los márgenes netos obtenidos para otros cultivos que pudieran llegar a ser alternativos (soja, girasol, trigo, remolacha, alfalfa, etc.), se ha preparado la **Tabla 6**. En ella se contemplan tan solo algunas de las posibilidades que pueden darse, de acuerdo con los precios de mercado de los siguientes

TABLA 4. Parámetros de las ecuaciones que permiten estimar los beneficios netos (y, Pts.ha⁻¹) del cultivo del maíz para distintos tipos de suelo (ARE, FRA y ARC), en función de: N, nitrógeno total (kg.ha⁻¹); M, precio del maíz grano (pts.kg⁻¹); C, precio del abono de cobertura (Pts.kg⁻¹) y S, precio del abono de sementera (Pts.kg⁻¹).

$$y = (a + bN + cN^2)M - d - eN - fN^2 - (N - g)C - hS$$

PARAMETROS	SUELO		
	ARE	FRA	ARC
a	8.167	8.293	8.192
b	24	24	33
c	-0,03	-0,04	-0,05
d	199.817	205.493	205.958
e	88	89	124
f	-0,12	-0,15	-0,19
g	140	140	140
h	933	933	933

TABLA 5. Beneficios netos (BEN) obtenidos en el cultivo del maíz para las dosis de abono nitrogenado total (UNT) que permiten alcanzar el óptimo económico según distintos tipos de suelo.

SUELO	UNT (kg.ha ⁻¹)	BEN (Pts.ha ⁻¹)
Arenoso	340	77.691
Franco	260	59.386
Arcilloso	300	96.622

FIG. 1. Producción de un cultivo de maíz (PRD, tm.ha⁻¹) en función de la cantidad de nitrógeno total aportado (UNT, kg.ha⁻¹) según diferentes tipos de suelo: Arcilloso (△), franco (●) y arenoso (■).

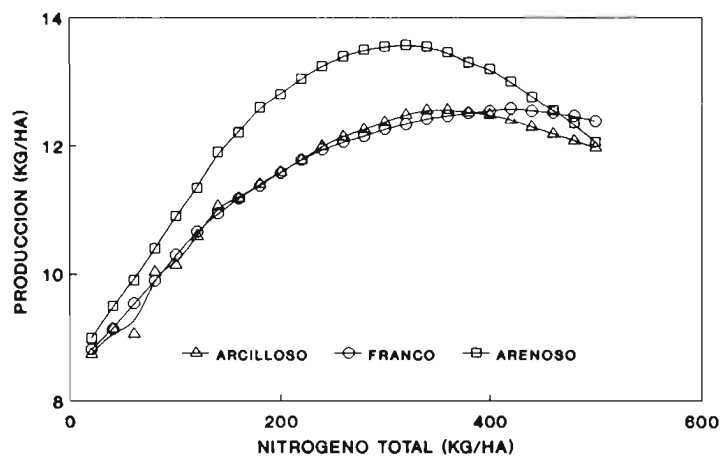


TABLA 6. Beneficios netos del cultivo del maíz (BEN), en función de diferentes precios de mercado para el abonado de sementera (PAS), cobertura (PAC) y del maíz grano (PMG), según el tipo de suelo: arenoso (ARE), franco (FRA) y arcilloso (ARC).

PRECIO (Pts.kg ⁻¹)			BEN (Pts.kg ⁻¹)		
PAS	PAC	PMG	ARE	FRA	ARC
25	55	26	90.091	91.458	92.665
		27	103.547	104.778	106.138
		28	117.002	118.097	119.610
	65	26	88.091	90.258	91.066
		27	101.547	103.578	104.538
		28	115.002	116.898	118.011
	75	26	86.092	89.058	89.466
		27	99.547	102.378	102.938
		28	113.002	115.698	116.411
27,5	55	26	87.759	89.126	90.333
		27	101.214	102.445	103.806
		28	114.670	115.765	117.278
	65	26	85.759	87.926	88.733
		27	99.214	101.245	102.206
		28	112.670	114.565	115.678
	75	26	83.759	86.726	87.133
		27	97.214	100.045	100.606
		28	110.670	113.365	114.078
30	55	26	85.426	86.793	88.001
		27	98.882	100.113	101.473
		28	112.337	113.433	114.946
	65	26	83.426	85.593	86.400
		27	96.881	98.913	99.873
		28	110.337	112.233	113.346
	75	26	81.426	84.393	84.801
		27	94.882	97.713	98.273
		28	108.337	111.033	111.746

productos: Precio del abono de sementera (PAS), precio del abono de cobertura (PAC) y precio del producto obtenido (maíz grano) con un contenido standard de humedad (14%). Al igual que en los casos anteriores, los resultados se han calculado para los tres tipos de suelo.

RESULTADOS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

A partir de la relación existente entre las tres variables PAS, PAC, PMG y las unidades de nitrógeno que producen máximo beneficio (Tabla 7), se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. Cualquiera que sea el tipo de suelo, el precio del maíz es la variable que más influye a la hora de alcanzar el máximo beneficio económico en este cultivo. Dicha influencia es máxima en los suelos arenosos y mínima en los arcillosos.

2. El precio del abono de cobertura es la variable que tiene la menor influencia, siendo máxima en los suelos arenosos y mínima en los arcillosos.

3. El precio del abono de sementera no tiene prácticamente ninguna repercusión en el proceso productivo; es decir, una variación en el precio de éste traslada, paralelamente a sí misma, la curva de beneficios en sentido vertical, sin variar las UNT que permiten alcanzar el máximo beneficio.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados anteriormente expuestos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En las condiciones actuales la aportación de 340, 260 y 300 unidades totales de nitrógeno conduce a la obtención de los mejores beneficios en los suelos arenosos, franco y arcillosos respectivamente.

2. De las tres variables que se han con-



Alimentos de Extremadura: MIEL Y POLEN.



Alimentos de Extremadura: TURRONES Y MAZAPANES.

EXTREMADURA

Fig. 2. Evolución del beneficio neto de un cultivo de maíz (BEN, $\times 10^3$ Pts.ha $^{-1}$) en función de la cantidad de nitrógeno total aportado (UNT, kg.ha $^{-1}$), según diferentes tipos de suelo: Arcillosos (Δ), franco (\bullet) y arenoso (\square).

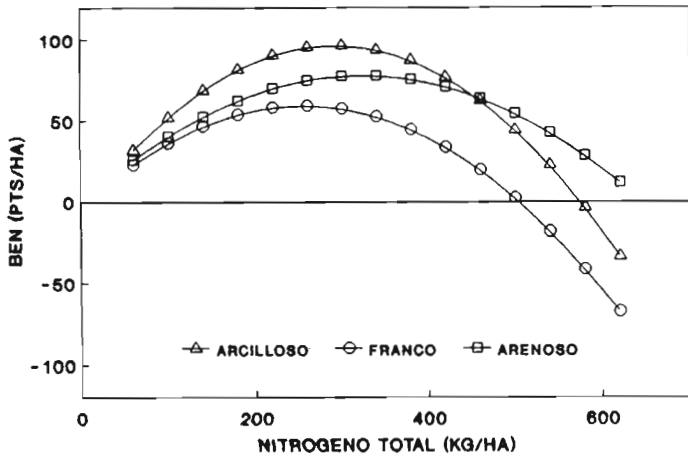


Fig. 3. Evolución del beneficio neto de un cultivo de maíz (BEN, $\times 10^3$ Pts.ha $^{-1}$) en función del precio del abono de semenera aportado (PAS, Pts.kg $^{-1}$), según diferentes tipos de suelo: Arcilloso (Δ), franco (\bullet), y arenoso (\square).

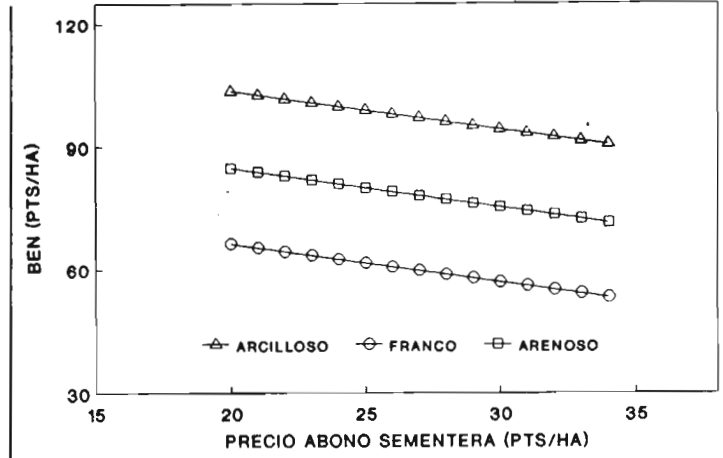


Fig. 4. Evolución del beneficio neto de un cultivo de maíz (BEN, $\times 10^3$ Pts.ha $^{-1}$) en función del precio del abono de cobertura aportado (PAC, Pts.kg $^{-1}$), según diferentes tipos de suelo: Arcilloso (Δ), franco (\bullet), y arenoso (\square).

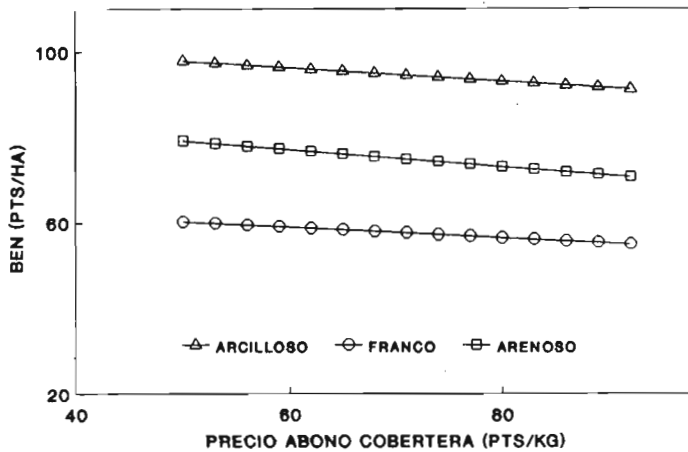
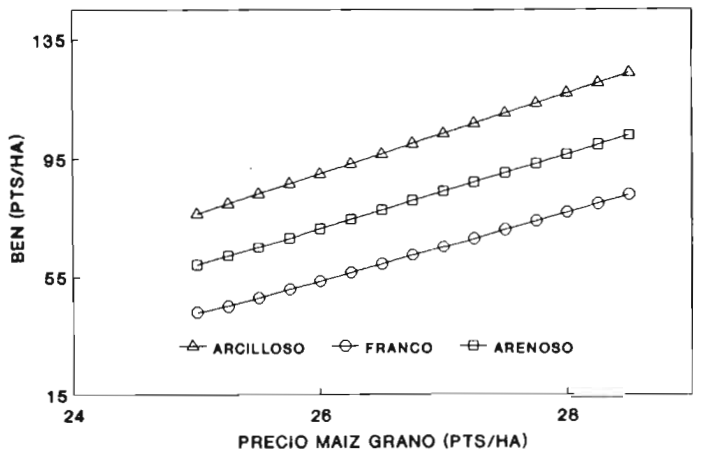


Fig. 5. Evolución del beneficio neto de un cultivo de maíz (BEN, $\times 10^3$ Pts.ha $^{-1}$) en función del precio del grano con un contenido en humedad del 14% (PMG, Pts.kg $^{-1}$), según diferentes tipos de suelo: Arcilloso (Δ), franco (\bullet) y arenoso (\square).



siderado (PAS, precio del abono de semenera; PAC, precio del abono de cobertura y PMG, precio del maíz grano con un 14% de humedad), la variable que más influye en los beneficios es el precio del maíz.

3. De forma similar a lo establecido en el punto anterior, la variable que más influye en el óptimo económico es también el precio del maíz.

4. En la **Figura 6** se han representado las zonas españolas más importantes de cultivo del maíz y las dosis de abonado nitrogenado óptimas que de acuerdo con el tipo medio de suelo de cada una de ellas, podría corresponderles con vistas a alcanzar el máximo beneficio económico.

Fig. 6. Mapa: Tipos de suelo en España peninsular según texturas y dosis totales de abonado nitrogenado recomendado para obtener el óptimo económico en el cultivo del maíz.

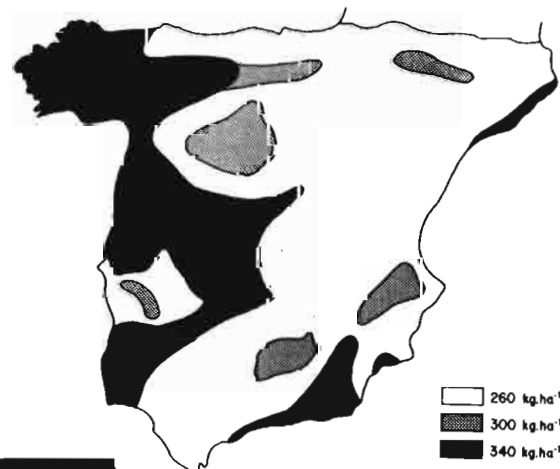


TABLA 7. Análisis de sensibilidad de las unidades de nitrógeno total que permiten alcanzar el máximo beneficio (B) en el cultivo del maíz (N_{max}), cuando se incrementan en un 10% las variables que intervienen en el proceso productivo.

VARIABLE INCREMENTADA Y TIPO DE SUELO	B = a + bN + cN ²			N_{max}	VARIACION
	a	b	c		
Ninguna:					
Arenoso	-1.138	487	-0,75	324	-
Franco	-3.491	490	-0,39	256	-
Arcilloso	-6.609	706	-1,21	292	-
Precio del abonado de sementera:					
Arenoso	-3.723	487	-0,75	324	0,0
Franco	-6.076	490	-0,96	256	0,0
Arcilloso	-5.804	706	-1,21	292	0,0
Precio del abonado de cobertera:					
Arenoso	-3.334	481	-0,75	320	3,8
Franco	-2.682	484	-0,96	320	3,8
Arcilloso	-5.804	700	-1,21	290	2,4
Precio maíz grano:					
Arenoso	20.505	550	-0,84	328	4,0
Franco	18.484	554	-1,07	259	3,2
Arcilloso	15.101	795	-1,21	292	2,7

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bratos, J. (1988). El Maíz y su sistema de manejo. *Fertilizantes*. N° 40-49 p.
- Guerrero, A. (1987). Cultivos Herbáceos Extensivos. Mundi-prensa, Madrid, 751 p.
- Losada, A. (1984). Apuntes de Hidráulica Agrícola. Monografía. ETSI Agrónomos, Madrid, 169 p.
- Losada, A. (1988). El Riego. Fundamentos Hidráulicos. Mundi-Prensa, Madrid, 431 p.
- Llanos, M. (1984). El Maíz. Su Cultivo y Aprovechamiento. Mundi-Prensa, Madrid, 318 p.
- Muñoz-Valero, J.A. (1987). El Coste de Utilización de la Maquinaria Agrícola. Monografía n° 97. ETSI Agrónomos, Madrid, 102 p.
- Ortiz-Cañavate, J. (1987). Las Máquinas Agrícolas y su aplicación. Mundi-Prensa, Madrid, 488 p.
- Peguero Farjes, M. (1988). Transformación en regadío y electrificación de la finca «Pozo Alloza» de 110.4 ha. en Alcañiz (Teruel). Proyecto Fin de Carrera, ETSI Agrónomos, Madrid.
- Rodríguez-Gómez, A. (1988). Transformación en regadío y electrificación de la finca «Cabo del Monte» de 126 ha. en el término municipal de Peraleja (Cuenca). Proyecto Fin de Carrera. ETSI Agrónomos, Madrid.



AGRICULTOR

Semillas Cargill le comunica que, dada la gran importancia alcanzada por la semilla híbrida de girasol y maíz en la región extremeña, ha considerado muy conveniente montar una delegación en Mérida donde podremos atenderles de «Primera Mano».

Esta importante responsabilidad la llevará desde ahora Semillas Cargill a través de su delegado D. José Antonio Barjola Gómez, quien seguirá uniendo nuestros mutuos intereses desde una perspectiva más directa.

Así pues, estaremos «Más cerca» y podremos aconsejarle como hasta ahora, con las mejores variedades del mercado.

¡MAS CERCA!

OFICINA CENTRAL
CTRA N.IV Km 531 Apdo. 7096
41080 SEVILLA
Tfno. 452 97 00 - Fax 452 29 81

DELEGACION EXTREMADURA:
C/ CUBA 14
06800 MERIDA (BADAJOZ)
Tfno. 1924) 31 21 74

semillas
CARGILL

LA EMPRESA DE SEMILLAS