

ESTUDIO ECONOMETRICO SOBRE LA DEMANDA
DE FERTILIZANTES NITROGENADOS Y
FOSFATADOS EN ESPAÑA

Olga González
Carlos Sebastián
Documento 86-11

Estamos muy agradecidos a Luis Servén por sus sugerencias y asistencia durante la realización del trabajo y a Alfonso Novales por sus comentarios a una primera versión de este documento.

INDICE

1.	Introducción: objetivo del estudio	2
2.	Datos estadísticos	3
3.	Análisis Box-Jenkins de series temporales	11
	3.1. Fertilizantes potasados totales	
	3.2. Fertilizantes nitrogenados totales	
	3.3. Fertilizantes fosfatados	
	3.4. Fertilizantes nitrogenados	
4.	Análisis de regresión: ecuaciones de demanda de fertilizantes	23
5.	Conclusiones	33

Notación

Bibliografía

1. INTRODUCCION: OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo último de este estudio es tratar de estimar la existencia de efectos propio en la demanda de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en España.

Para ello se han seguido dos métodos alternativos: a) el análisis de transferencia propuesta por la metodología Box-Jenkins, b) el análisis de regresión de la econometría tradicional.

Se han empleado dos metodologías diferentes en la creencia de que al coincidir los resultados, como efectivamente ha sido, pueda tenerse una mayor confianza en la validez de los mismos, al no depender de las hipótesis particulares que cualquier método de inferencia estadística requiere.

En el análisis de regresión tradicional se debe necesariamente especificar una función completa de demanda de cada fertilizante. Como variable escala se ha utilizado la superficie fertilizable. Y junto a las variables precios se ha introducido una variable que represente la pluviosidad por considerar, a priori, que puede haber cierto grado de complementariedad entre la cantidad de lluvia y la intensidad en el uso de fertilizantes.

2. DATOS ESTADÍSTICOS

Se utilizan varias series de consumo y de precios.

Símbolo	Denominación	Composición
1. (NI) =	Fertilizantes Nitrogenados (en Tn de N)	= Nitrato Amónico Cálcico+Sulfato Amónico+Nitrosulfato Amónico+Urea
2. (NT) =	Fertilizantes Nitrogenados Totales (en Tn de N)	= NT+Nitrato de Cal+Nitrato de Chile+ Soluciones Nitrogenadas+Amónico anhidrido+Nitrogeno en Abonos compuestos
3. (F) =	Fertilizantes Fosfatados (en Tn de P)	= Fosfato de Cal.
4. (FT) =	Fertilizantes Fosfatados Totales (en Tn de P)	= Fosfato de cal+Escorias de Thomas +Hiperfosfato+Fósforo en Abonos Compuestos
5. (PN) =	Precio ponderado de fertilizantes nitrogenados deflactado por precio pagado por agricultores	
6. (PF) =	Precio ponderado de fertilizantes fosfatados deflactado por precio pagado por agricultores	
7. (PNE) =	Precios relativos de los fertilizantes Nitrogenados respecto a los fosfatados	
8. (PEN) =	Precios relativos de los fertilizantes Fosfatados respecto a los ni- trogenados	

Ante la ausencia de series completas de todos los precios de los fertilizantes, los modelos que relacionan consumo de fertilizantes y precios se han tenido que estimar con series de consumo referidas a aquellos fertilizantes para los que existe la serie de sus precios. Esto es lo que explica que se analicen las series de consumo con dos desagregaciones diferentes.

Todas las series son anuales y la fuente es el

Anuario Estadístico Agrícola elaborado por la Dirección General de Producción Agraria.

SERIES DE CONSUMO: Se denomina "serie histórica de salida de fábrica para consumo agrícola". Cubren el periodo (1960-1984). Sin embargo las series utilizadas para los modelos de relación han tenido que ser acortados al periodo (1964-1984).

PRECIOS: Se denomina "serie histórica de precios medios anuales de los fertilizantes pagados por los agricultores". Sólo existen series completas para los siguientes fertilizantes: Nitrato amónico calcico, sulfato-amónico, nitrosulfato-amónico, urea y fosfato de cal, y cubren el periodo (1964-1984).

La serie de consumo es más agregada que la de precios, por tanto el cálculo de los precios se ha realizado mediante una media ponderada cuyo coeficiente de ponderación es la participación de cada consumo en el total de cada tipo de fertilizantes.

En principio los fertilizantes nitrogenados y fosfatados simples no parecen técnicamente sustitutivos, sin embargo en todos los análisis realizados, ha aparecido un alto grado de sustituibilidad en el consumo agrícola. Hemos utilizado, portanto, los precios relativos PNF y PFN entre los dos tipos de fertilizantes.

Este análisis tiene ciertas limitaciones debidas a los datos estadísticos:

- 1.- Sólo tenemos disponibles 21 observaciones anuales, y por tanto ningún modelo empírico puede fundamentar un alto grado de confianza con tan pocas observaciones.
- 2.- No se ha podido realizar un estudio por separado de los abonos complejos, que tienen una participación importante y creciente en el mercado, debido a que las series de precios no cubren ni siquiera el periodo (1964-1984)

CONSUMO TOTAL DE FERTILIZANTES

AÑO	NIT. TOT(1)	FOS. TOT(2)
1960	242.127	287.145
1961	300.966	295.221
1962	337.648	320.340
1963	339.735	303.580
1964	378.656	315.582
1965	399.082	325.411
1966	402.225	314.342
1967	455.628	331.522
1968	520.662	359.978
1969	586.560	380.484
1970	614.737	389.297
1971	620.601	440.139
1972	664.625	446.415
1973	716.408	458.520
1974	748.152	484.070
1975	749.369	478.730
1976	747.702	470.063
1977	850.193	477.990
1978	793.484	434.281
1979	903.460	456.274
1980	984.808	473.472
1981	806.019	419.991
1982	883.674	404.662
1983	687.518	366.150
1984	871.058	428.833

(1) En Tm de Nitrógeno

(2) En Tm de P_2O_5

CONSUMO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS (En Tm de Nitrógeno)

AÑO	NIT-AMO-C	SULF-AMON	NSUL-AMON	UREA	TOTAL
1964	88.577	206.817	18.782	10.746	324.922
1965	89.644	203.526	28.777	14.912	336.859
1966	106.987	178.416	34.724	18.230	338.357
1967	137.440	178.728	37.760	14.878	368.806
1968	163.709	176.816	37.374	32.378	410.277
1969	192.194	159.216	40.944	57.652	450.006
1970	208.241	160.512	41.976	58.426	469.155
1971	198.723	158.128	49.070	46.773	452.694
1972	231.119	134.410	62.985	61.513	490.027
1973	244.235	137.202	62.123	65.684	509.244
1974	320.703	104.234	46.883	80.233	553.053
1975	306.303	107.795	50.038	92.310	556.446
1976	278.833	107.194	55.220	103.709	544.956
1977	344.608	103.086	53.776	122.726	624.196
1978	313.091	89.440	44.094	137.349	583.974
1979	366.746	96.798	40.507	168.840	672.891
1980	422.890	87.217	45.045	186.332	741.484
1981	337.665	78.324	41.980	143.981	601.950
1982	358.247	96.142	48.513	174.076	676.978
1983	264.677	71.742	45.872	118.241	500.532
1984	356.772	79.423	47.115	160.052	643.362

PONDERACIONES DE LOS PRECIOS DE LOS F. NITROGENADOS

AÑO	PONDER1 (1)	PONDER2 (2)	PONDER3 (3)	PONDER4 (4)
1964	0,273	0,637	0,058	0,033
1965	0,266	0,604	0,085	0,044
1966	0,316	0,527	0,103	0,054
1967	0,373	0,485	0,102	0,040
1968	0,399	0,431	0,091	0,079
1969	0,427	0,354	0,091	0,128
1970	0,444	0,342	0,089	0,125
1971	0,439	0,349	0,108	0,103
1972	0,472	0,274	0,129	0,126
1973	0,480	0,269	0,122	0,129
1974	0,580	0,190	0,085	0,145
1975	0,550	0,194	0,090	0,166
1976	0,512	0,197	0,101	0,190
1977	0,552	0,165	0,086	0,197
1978	0,536	0,153	0,076	0,235
1979	0,545	0,144	0,060	0,251
1980	0,570	0,118	0,061	0,251
1981	0,561	0,130	0,070	0,239
1982	0,529	0,142	0,072	0,257
1983	0,529	0,143	0,092	0,236
1984	0,555	0,123	0,073	0,249

(1) Ponderación del nitrato amónico cálcico

(2) Ponderación del sulfato amónico

(3) Ponderación del nitrosulfato amónico

(4) Ponderación de la urea

PRECIO DE LOS F. NITROGENADOS (En Ptas/Tm)

AÑO	P1(1)	P2(2)	P3(3)	P4(4)	PN	PN/PF
1964	4.000	3.750	4.790	7.070	3.913	2.508
1965	4.070	3.860	4.950	7.040	4.057	2.429
1966	4.210	3.690	4.830	7.090	4.033	2.304
1967	3.650	3.630	4.740	6.960	3.796	2.109
1968	3.750	3.700	4.840	6.910	3.914	2.104
1969	3.800	3.710	4.850	6.890	3.998	2.093
1970	3.900	3.750	4.940	6.900	4.071	2.036
1971	3.980	3.810	5.020	7.030	4.141	1.981
1972	4.070	3.830	5.080	7.020	4.261	1.973
1973	4.250	4.140	5.270	7.350	4.476	1.881
1974	5.610	5.630	6.710	9.770	5.867	1.616
1975	6.170	6.180	7.320	10.600	6.466	1.585
1976	6.230	6.280	7.540	11.010	6.622	1.588
1977	6.450	6.440	7.780	11.740	6.824	1.530
1978	7.580	7.910	9.280	14.120	8.159	1.367
1979	9.040	9.700	11.490	16.420	9.897	1.520
1980	11.580	12.160	14.320	20.530	12.503	1.603
1981	15.860	16.120	19.030	27.850	16.873	1.749
1982	18.390	18.580	21.990	32.240	19.601	1.925
1983	20.160	20.030	23.700	34.580	21.302	1.870
1984	22.556	22.300	26.438	38.550	23.774	1.603

(1) Precio del nitrato amónico cálcico

(2) Precio del sulfato amónico

(3) Precio del nitrosulfato amónico

(4) Precio de la urea

FERTILIZANTES FOSFATADOS

AÑO	FOS DE CAL (1)	PF (2)	PF/PN
1964	298.225	1.560	0,399
1965	300.824	1.670	0,412
1966	277.624	1.750	0,434
1967	255.680	1.800	0,474
1968	241.813	1.860	0,475
1969	225.268	1.910	0,478
1970	221.868	2.000	0,491
1971	216.954	2.090	0,505
1972	210.690	2.160	0,507
1973	179.444	2.380	0,532
1974	183.350	3.630	0,619
1975	185.536	4.080	0,631
1976	171.549	4.170	0,630
1977	144.426	4.460	0,654
1978	109.010	5.970	0,732
1979	122.485	6.510	0,658
1980	117.250	7.800	0,624
1981	110.517	9.650	0,572
1982	109.376	10.180	0,519
1983	105.082	11.390	0,535
1984	102.399	14.380	0,624

(1) En Tm de P_2O_5

(2) En Ptas/Tm

En algunas relaciones se han introducido datos de pluviosidad, superficie fertilizable y superficie regada. Se han obtenido del citado Anuario Estadístico Agrícola. Las series disponibles terminan en 1983.

AÑO	PLUVIOSIDAD (lluvia medida en mm)	SUPERF. FERTILIZABLE (miles de Ha)	SUPERF. REGADA (miles de Ha)
1961	728	16.837	1.859
1962	732	16.592	1.881
1963	900	16.636	1.988
1964	581	16.224	2.007
1965	688	16.155	1.058
1966	736	16.181	2.094
1967	575	16.119	2.151
1968	620	16.137	2.202
1969	855	16.315	2.232
1970	565	16.978	2.198
1971	742	16.996	2.423
1972	783	17.105	2.498
1973	523	17.062	2.537
1974	576	17.271	2.585
1975	616	17.156	2.617
1976	638	17.007	2.651
1977	615	16.734	2.691
1978	528	16.955	2.740
1979	634	16.794	2.794
1980	472	17.057	2.822
1981	439	16.965	2.853
1982	500	17.222	2.914
1983	472	17.216	2.923

3. ANALISIS BOX-JENKINS DE LAS SERIES TEMPORALES

Antes de presentar los resultados concretos es necesario tener en cuenta ciertas características generales.

- 1.- Dado el escaso número de observaciones, la elección de la transformación a realizar (logarítmica o no), no puede basarse en los datos, por lo que tenemos que tener en cuenta la experiencia empírica, que demuestra que casi todas las series económicas necesitan la transformación logarítmica. Además tiene una ventaja y es que con variables transformadas los modelos son invariantes a la escala de medida de las variables y los coeficientes interpretables como elasticidades.
- 2.- Todas las series presentan tendencia determinística y esto justifica la necesidad de tomar una diferencia, para hacerlas estacionarias. Algunas series en la primera diferencia presentan características de no-estacionariedad, lo que indica la necesidad de una segunda diferencia.
- 3.- Las series de consumos muestran una tendencia creciente y estable en los años 1964-1972. Sin embargo, a partir de 1973 el crecimiento es más fluctuante. Esto puede ser debido a:
 - a. La poca variación de precios que tiene lugar durante dicho período (64-72) y el cambio que se produce a partir de 1974, debido a la elevación de los precios del petróleo.
 - b. La fuerte sequía que España ha sufrido durante 1980-84.

Las series de consumo presentan anomalías en algunos años. Si estas anomalías son de suficiente magnitud para distorsionar la serie, y se conoce el origen de dichas anomalías, se modelizan explícitamente. Sin embargo en casi todas las series, al tratar una anomalía surgen nuevos datos atípicos debido a la reducción de la varianza de la

serie. Esto trae un problema, y es que ante tan pocas observaciones y con tantas anomalías tratadas, el número de grados de libertad se reduce considerablemente.

Comentaremos a continuación los resultados de los modelos univariantes y de los modelos de relación con respecto a los precios.

3.1. Fertilizantes fosfatados totales

Esta variable representa la demanda de fertilizantes fosfatados (superfosfato de cal, Escorias de Thomas, Hiperfosfato y compuestos) para uso agrícola. Se dispone de datos anuales desde 1960 hasta 1984, es decir, 25 observaciones.

El modelo univariante se presenta en la hoja resumen nº 1. Son destacables los siguientes puntos:

La serie es claramente creciente hasta 1977; a partir de entonces parece decrecer con grandes fluctuaciones.

Se produce una bajada anormal en el consumo en 1982. Esto es debido a la sequía que se produjo en el año. Para recoger este hecho, se ha introducido una variable de intervención cuyo coeficiente estimado nos indica que se produjo un descenso en el consumo de fertilizantes fosfatados para uso agrícola del 12,8%.

No se ha realizado el modelo de relación entre demanda y precio por no poseer series completas de los precios de los abonos fosfatados complejos y de las Escorias de Thomas.

3.2. Fertilizantes nitrogenados totales

Esta serie representa la demanda total de fertilizantes nitrogenados (Nitrato de cal, Nitrato de Chile, Nitrato amónico cálcico, Sulfato amónico, Molcosulfato amónico, Urea, Soluciones nitrogenadas, Amoníaco anhídrido y compuestos).

Igual que lo anterior se dispone de datos anuales de 1960 a 1984.

El modelo univariante se encuentra en la hoja resumen nº 2. Los puntos más destacables son los siguientes:

La serie tiene una tendencia creciente estable hasta 1976, a partir de ese año el crecimiento es más fluctuante y en 1984, se consigue un nivel de demanda ligeramente superior al de 1977.

Se introducen 2 variables de intervención que recogen el efecto de la sequia en 1981 y que se agravó en 1983. Supuso unos descensos del 25% y del 24% respectivamente en la demanda de fertilizantes nitrogenados para uso agrícola.

La precisión del modelo es razonable con un error de predicción del 7%.

3.3. Fertilizantes fosfatados

Para realizar análisis de relación entre demanda y precios, se han tenido que analizar series menos agregadas. En el caso de fertilizantes fosfatados, la única serie de precios completa que se dispone es la del precio del fosfato de cal, y por tanto se analiza el consumo de dicho fertilizante.

La muestra utilizada recoge 21 datos anuales de 1964 hasta 1984.

El modelo univariante se encuentra en la hoja resumen nº 3. Las características más destacables son las siguientes:

El consumo de fertilizantes fosfatados tiene una clara tendencia decreciente, debido posiblemente al aumento del consumo de los abonos compuestos de dicho nutriente. En 1964 la participación del consumo de fosfato de cal sobre el total de fertilizantes fosfatados era del 94,5%, mientras que en 1984 solo era del 23,8%. Por el contrario los compuestos pasan de ser el 4% a casi un 75% en 1984.

Se ha analizado la posible influencia de los precios relativos sobre la demanda del fosfato de cal. El modelo de relación se presenta en la hoja nº 4, con los siguientes resultados:

Se detecta una elasticidad permanente e instantánea de -0.40 , claramente significativa. Este resultado es coherente con la teoría económica.

La tasa anual de variación de la demanda de fosfato de cal tiene una tendencia determinista decreciente del 4% .

La varianza residual del modelo de transferencia es menor que la del modelo univariante de la serie output, se ha reducido un 17.5% lo que indica que al introducir una variable explicativa, el modelo mejora.

3.4. Fertilizantes nitrogenados

Esta serie representa el consumo de los siguientes fertilizantes nitrogenados: Nitrato amónico cálcico, Sulfato amónico, Nitrosulfato amónico y Urea.

Se dispone de 21 datos anuales, de 1964-84 tanto de consumo como de precios.

El modelo univariante se muestra en la hoja nº 5 y cabe destacar los siguientes resultados:

La serie tiene una tendencia creciente y estable hasta 1977, a partir del cual aumenta notablemente su variabilidad, igual que en el resto de las series.

La serie presenta una tendencia determinista creciente del 3.4% .

Se han incorporado 3 variables de intervención que recogen los valores anómalos que se dieron en 1977, 80, 81 y 83.

Se ha analizado el efecto precio sobre la demanda de fertilizantes nitrogenados. Los modelos finales de transferencia se muestran en la hoja nº 6.

En un primer modelo de transferencia se ha mantenido las mismas variable de intervención que en el modelo univariante y genera los siguientes resultados:

La demanda tiene una elasticidad precio permanente de -0.41 y se manifiesta en su totalidad al año siguiente de haber variado los precios.

No se ha encontrado explicación alguna al aumento de demanda que se produjo en 1977 (14%). En 1980 a pesar de que aumentaron los precios reales, no hubo cambios en la superficie fertilizable, y fue el primer año de sequía, se produjo el mayor volumen de ventas de fertilizantes de todo el periodo muestral. En 1981 se vuelve al nivel de ventas de 1978 y en 1983 se redujo aún más. Esto es debido a que fueron años de fuerte sequía en España.

La tasa anual de variación de la demanda de fertilizantes nitrogenados simples tiene una tendencia creciente de 2.8%.

La varianza residual del modelo de transferencia con los precios relativos como variable explicativa se reduce casi un 9% respecto al modelo de intervención.

La elasticidad precio estimado se reduce al incorporar las variables de intervención, ya que absorben parte del efecto precio que se produjo en esas fechas. Además de hacer perder grados de libertad, que puede hacer variar sensiblemente las estimaciones, en un análisis con una muestra pequeña.

Se intentó incorporar la pluviosidad como variable explicativa, sin obtener resultados positivos. Esto puede ser debido a que la respuesta de la demanda a la pluviosidad no es lineal. La no linealidad de la respuesta, viene dada porque la fertilización de la tierra depende de la pluviosidad sólo cuando está muy por debajo de la media, es decir, cuando no ha caído la suficiente lluvia como para que la tierra absorba los abonos. Si esto ocurre, no tiene sentido fertilizar la tierra y la demanda de fertilizantes disminuirá, ahora bien, esto no quiere decir que cuanto más llueva más se abone la tierra.

Se han considerado que los años más secos han sido 1981, 1982 y 1983 y se ha construido una serie que únicamente

recoge la pluviosidad en esos años. Este modelo genera los siguientes resultados:

La elasticidad precio aumenta respecto al modelo anterior a $-.79$, manifestándose también el año siguiente de la variación de precios y el efecto de la pluviosidad en los años tratados ha sido de 0.35% .

HOJA Nº 1

N = 25 (1960-84).

$$\text{LnFT}_t = \underset{(.02)}{-.128} \xi_t^{1/81} + N_t$$

$$\underset{(.17)}{(1 + .85B + .75B^2)} \nabla^2 N_t = \sigma_t \underset{(.18)}{}$$

$$\hat{\sigma}_e * 100 = 4.4\%$$

$$Q(6) = 1.9$$

$$\xi_t^{1/81} = \begin{cases} 1.0 & t = 1981 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$\text{PER} = 3.03$$

HOJA Nº 2

$$\ln NT_t = \underset{(.06)}{-.25} \xi_t^{5/81} \underset{(.04)}{-.24} \xi_t^{1/83} + N_t$$

$$\nabla^2 N_t = (1 - .60B) a_t$$

(.09)

$$\xi_t^{5/81} = \begin{bmatrix} 0.0 & t < 1981 \\ 1.0 & t \geq 1981 \end{bmatrix}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 * 100 = 7.0\%$$

$$\xi_t^{1/83} = \begin{bmatrix} 1.0 & t = 1981 \\ 0.0 & \text{resto} \end{bmatrix}$$

$$Q(7) = 2.1$$

$$\text{Residuos mayores que } 2DS = \hat{\sigma}_{t+1} \sim 2.3 \hat{\sigma}$$

HOJA Nº 3

N = 21 (1964-84)

$$\nabla^2 \ln F_t = (1 - .87B) a_t$$

(.10)

$$\hat{\sigma}_a \times 100 = 9.1\%$$

$$Q(6) = 2.9$$

Resíduos mayores que 2DS: $\hat{\sigma}_{\gamma_2} \sim 2.5 \hat{\sigma}$

$$\hat{\sigma}_{\gamma_1} \sim 2.2 \hat{\sigma}$$

HOJA Nº 4

$$N = 21 \quad (1964-84)$$

$$\ln F_t = -.40 \ln PNF_t + N_t \\ (.22)$$

$$\nabla N_t = -.04 + a_t \\ (.01)$$

$$Q(8) = 8.5$$

$$\hat{\sigma} * 100 = 7.5\%$$

HOJA Nº 5

N = 21 (1964-84)

$$\ln NI_t = \underset{(.02)}{.10} \xi_{1c/80} - \underset{(.03)}{.27} \xi_{1c/83} + \underset{(.03)}{.10} \xi_{1c/77} + N_t$$

$$\nabla N_t = \underset{(.01)}{.034} + e_t$$

$$\xi_{1c/80} = \begin{cases} 1.0 & t = 1980 \\ -1.0 & t = 1981 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 * 100 = 4.9$$

$$\xi_{1c/83} = \begin{cases} 1.0 & t = 1983 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$Q(6) = 4.7$$

$$\xi_{1c/77} = \begin{cases} 1.0 & t = 1977 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

HOJA Nº 6

$$N = 21 \text{ (1964-84)}$$

$$\ln NI_t = \underset{(.16)}{-.41B} \ln PNF_t - \underset{(.03)}{.25} \xi_{t, 1983} + \underset{(.01)}{.11} \xi_{t, 1980} - \underset{(.03)}{.11} \xi_{t, 1977} + N_t$$

$$VN_t = \underset{(.01)}{.028} + a_t$$

$$\xi_{t, 1977} = \begin{cases} 1.0 & t = 1977 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$\hat{\sigma} * 100 = 4.32$$

$$\xi_{t, 1980} = \begin{cases} 1.0 & t = 1980 \\ -1.0 & t = 1981 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$Q(6) = 7.1.$$

$$\xi_{t, 1983} = \begin{cases} 1.0 & t = 1983 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$\ln NI_t = \underset{(.04)}{.11} \xi_{t, 1980} + \underset{(.04)}{.11} \xi_{t, 1977} - \underset{(.21)}{.79B} PNF_t + \underset{(.0009)}{.0035} PLU_t + N_t$$

$$\xi_{t, 1980} = \begin{cases} 1.0 & t = 1980 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$N_t = a_t$$

$$\sigma * 100 = 6.1\%$$

$$\xi_{t, 1977} = \begin{cases} 1.0 & t = 1977 \\ 0.0 & \text{resto} \end{cases}$$

$$Q(6) = 5.6$$

¹PLU = variable que recoge la pluviosidad de los años 1981, 1982 y 1983.

4. ANALISIS DE REGRESION: ECUACIONES DE DEMANDA DE FERTILIZANTES

4.1. La demanda de fertilizantes nitrogenados

Puede postularse una función de demanda de fertilizantes nitrogenados, en el que el consumo de éstos depende de una variable representativa de la cantidad de tierra que va a fertilizarse, de los precios -en términos reales- de cada uno de los fertilizantes y de una variable que mida la cantidad de lluvia que está cayendo y se espera que caiga durante el ciclo de la cosecha.

Van a utilizarse dos definiciones alternativas del consumo de fertilizantes: una que se refiere al consumo de fertilizantes nitrogenados excluidos los compuestos y otra que incluye el nitrógeno incorporado a los abonos compuestos. Sin embargo sólo se utiliza una variable precios de los abonos nitrogenados. El motivo es que sólo se dispone de una serie de precios de los abonos compuestos a partir de 1976, por lo que esta serie no es utilizable en el estudio que nos ocupa. Los precios de los abonos nitrogenados (incluyan o no los compuestos) se representan por una media ponderada de los precios de los principales abonos nitrogenados simples. (nitrato amónico cálcico, sulfato amónico, nitrosulfato amónico y urea). Aunque realmente podríamos haber utilizado cualquiera de ellos individualmente pues están altamente correlacionados (en todas las combinaciones cruzadas se obtiene una correlación mayor del 0.996).

Para el periodo 1976-1983, para el que existen precios de los abonos compuestos, los precios de complejos con alto contenido en nitrógeno están muy correlacionados con el precio ponderado de los abonos nitrogenados simples. El coeficiente de correlación es de .995 tanto en el caso del abono complejo (NPK) 20-10-5 como del abono complejo NPK 15-15-15.

La variable superficie puede ser representada por la superficie total fertilizable, distinguiendo o no la superficie de secano o de regadío, o por una de estos dos tipos de superficie. No hay razón a priori para utilizar una u otra definición de superficie.

La variable pluviosidad que se ha utilizado tras diversas pruebas, es una que representa una media ponderada de las precipitaciones habidas en los tres últimos años. Siendo los coeficientes de ponderación de 0,5 para la pluviosidad del año anterior, 0,3 para la pluviosidad de dos años anteriores y 0,2 para la pluviosidad de tres años anteriores. Hubiera sido preferible que la estructura de retrasos se hubiera estimado en la propia regresión, en lugar de imponerla desde fuera, pero el reducido número de observaciones limita seriamente esta posibilidad.

Los resultados obtenidos se presentan resumidos en el Cuadro 1. Las relaciones son logarítmicas, pues se han probado también relaciones en primeras diferencias de los logaritmos, obteniendo resultados peores (mayor SEE y variables menos significativas) con unos estadísticos D-W y Q que parecen apuntar a una sobrediferenciación del modelo.

Los resultados más significativos aparecen en el Cuadro 1.

1) Los precios de los abonos nitrogenados (deflactados por los precios percibidos por los agricultores) aparecen siempre significativos, con un retraso y con signo negativo. Y los precios de los abonos fosfatados (así mismo, deflactados) aparecen siempre significativos, con un retraso, con signo positivo. La magnitud de ambos coeficientes es prácticamente la misma, por lo que pueden introducirse como cociente: como precio relativo entre los dos tipos de fertilizantes.¹

No resulta sorprendente que la demanda de abonos nitrogenados tenga una elasticidad negativa, algo menor que a la unidad, respecto a su propio precio. Tampoco lo es que el efecto se produzca con un año de retraso. Resulta, en cambio algo más sorprendente, que el precio de los abonos fosfatados sea significativa también con un retardo y con una elasticidad

¹Todo ello es así mismo verdad con las relaciones en primeras diferencias logarítmicas, que han sido desechadas por las razones antes expuestas. En estas relaciones el precio relativo entre abonos nitrogenados y fosfatados tiene una elasticidad (estadísticamente significativa) de -0.7 .

LISTA DE VARIABLES

LNI	: logaritmo del consumo de fertilizantes nitrogenados (excluidos los compuestos)
LNIT	: logaritmo del consumo de fertilizantes nitrogenados (incluidos los compuestos)
LSUPSEC	: logaritmo de superficie de secano
LSUPREG	: logaritmo de superficie de regadío
LPN	: logaritmo del precio de abonos nitrogenados deflacionados por precios pagados por agricultores.
LPF	: logaritmo del precio de abonos fosfatados deflacionados por precios pagados por agricultores.
LPNF	: logaritmo del precio relativo entre abonos nitrogenados y fosfatados.
LLUV	: media ponderada de la lluvia caída en el año y en años anteriores.

[illegible][illegible]

dad de la misma magnitud que el precio de los abonos nitrogenados.² La interpretación inmediata de este hecho sería que los dos tipos de abonos son sustitutivos. Pero desde un punto de vista técnico, esto no parece ser rigurosamente cierto. La mayor parte de los cultivos y de los terrenos parecen necesitar de ambos nutrientes: nitrógeno y fósforo.

La explicación del resultado obtenido podía ser doble. Por un lado, que, como indica la continua caída en el consumo de los abonos fosfatados simples (superfosfatos de cal), el fósforo necesario se incorpora en abonos compuestos, con lo que al crecer el precio de los abonos fosfatados (y del componente de fósforo de los abonos complejos) se pase a utilizar abonos compuestos más ricos en nitrógeno y menos ricos en fósforo. Por otro lado, pudiera ser que con independencia del grado de sustitución técnica, los agricultores reaccionen ante las diferencias en los precios relativos de los abonos alterando sus consumos de fertilizantes. Este segundo factor parece tener más importancia, pues cuando se estima la demanda de abonos nitrogenados simples (excluidos los compuestos) el precio de los abonos fosfatados aparece igualmente significativo, con signo positivo y con el mismo coeficiente que el de los abonos nitrogenados.

2) La variable lluvia sólo aparece significativa en la demanda de abonos nitrogenados totales (incluidos los compuestos) y solamente cuando la variable escala utilizada es la superficie regada. Curiosamente, utilizando otra variable escala, superficie total o superficie de secano, la variable lluvia no resulta significativa. Este curioso hecho tiene difícil explicación.

Si comparamos la ecuación N.4 con la ecuación N.6, puede comprobarse que la elasticidad precio de la demanda de abonos nitrogenados es menor al introducirse la variable lluvia. Resulta que los años en el que las variaciones de los precios son más importantes (1978-82), siendo estas variaciones al alza, la variable lluvia utilizada experimenta un fuerte decrecimiento. Realmente este se produce en el periodo 1980-83, pero hay que tener en cuenta que la variable

²La serie de ambos precios tiene un perfil temporal distinto.

precios opera con un desfase. Esto puede implicar, que cuando la variable lluvia no aparece en la regresión, la variable precios esté captando parte del efecto contractivo de la caída en la pluviosidad.

Sin embargo, pese a las cautelas que impone la interpretación de unos resultados obtenidos con un número de observaciones reducido, la estructura de los residuos de las distintas regresiones parecen indicar que las que no tienen la lluvia entre sus variables independientes, son estimaciones de mejor calidad.

3) Resulta prácticamente indiferente la definición del consumo de abonos nitrogenados utilizados. Los resultados son muy parecidos se introduzcan o no el nitrógeno incorporado a los abonos compuestos. La única diferencia es que la variable lluvia no parece significativa cuando la definición se limita a los fertilizantes nitrogenados simples.

4) Cuando se introducen tanto la superficie de secano como la superficie de regadío el coeficiente de la primera es mayor que la de la segunda. Parece como si hubiera rendimientos fuertemente decrecientes en los cultivos de secano, que generan la necesidad de utilizar cantidades cada vez mayores de fertilizantes al aumentar la superficie de secano cultivada. Por el contrario, la elasticidad de la demanda de fertilizantes nitrogenados respecto a la superficie de regadío es ligeramente menor que uno.

5) La estructura de los residuos de las regresiones presentados en el Cuadro 1, parecen razonables. Todos los residuos de todas las regresiones son menores que dos veces el error standard de los mismos (SEE) y apenas muestran estructura.

4.2. La demanda de fertilizantes fosfatados

En principio, la demanda de fertilizantes fosfatados dependerá de las mismas variables que la demanda de fertilizantes nitrogenados: una variable superficie, los precios reales de los distintos abonos y una variable representativa de la pluviosidad.

La serie del consumo de fertilizantes fosfatados tiene una tendencia claramente decreciente en el periodo considerado, por lo que la regresión en logaritmos no resulta adecuada. Al tomar primeras y segundas diferencias de logaritmos, las variables superficies, cuya serie tiene una variabilidad ciertamente escasa, se convierten en constantes o tienden a desaparecer.

Por otra parte resulta que la variable que representa la pluviosidad, no tiene en este caso el retraso que parecía tener en la demanda de abonos nitrogenados. La variable que resulta significativa es la primera (o segunda) diferencia del logaritmo de la pluviosidad del año, medida en mm caídos en el territorio nacional.

En el Cuadro 2 aparecen los resultados obtenidos. Los comentarios más significativos son los siguientes:

1) Los precios de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados aparecen, por lo general,³ significativos con signo positivo los primeros y signos negativos los segundos. Así mismo aparece significativo y con signo negativo el precio relativo entre los fertilizantes fosfatados y los nitrogenados. En todos los casos, se trata de la variación de los precios corrientes, no desfasados.

Resulta curioso que en el consumo de fertilizantes nitrogenados la variable precios entra con un desfase y aquí, en cambio, el efecto parece contemporáneo. Sin pretender que constituya una explicación del fenómeno, se constata que el consumo de fertilizantes nitrogenados está algo más concentrado en los primeros meses del año que el consumo de fertilizantes fosfatados, y que la fijación administrativa de precios no siempre coincide con el comienzo del año natural. Así en el periodo 1979-83, durante los tres primeros meses del año el consumo de nitrogenados supuso, por término medio, más del 30% del consumo total, mientras que en el caso de los abonos fosfatados esta proporción fué sólo del 22%.

³En algunas regresiones, el precio de los propios fertilizantes fosfatados sólo resultó significativo al 90%

LISTA DE VARIABLES

DF, D2F	=	primera y segunda diferencia del logaritmo del consumo de abonos fosfatados
DPN, D2PN	=	primera y segunda diferencia del logaritmo del precio real de los abonos nitrogenados
DPF, D2PF	=	primera y segunda diferencia del logaritmo del precio real de los abonos fosfatados
DPFN, D2PFN	=	primera y segunda diferencia del logaritmo del precio relativo entre abonos fosfatados y nitrogenados
DPLUV, D2PLUV	=	primera y segunda diferencia del logaritmo de la cantidad de lluvia caída.
D2PLSQ	=	segunda diferencia de una variable definida como el cuadrado de la diferencia entre el logaritmo de la cantidad de lluvia del año y el logaritmo de la cantidad media de lluvia durante el periodo muestral

004000.2

CONTINIO DE CLASE DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS
(CONTINIO DE CLASE DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS)

VAR. VAR. 000		VARIABLES INDEPENDIENTES (1)					
		0000	0001	0002	0003	0004	0005
0.1	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.4	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CONTINIO DE CLASE DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS
(CONTINIO DE CLASE DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS)

2) La variable pluviosidad aparece significativa con signo positivo, pero sin desfase. En la ecuación F.7, que es la que produce mejores resultados de entre las que se han estimado en segunda diferencias logarítmicas, aparecen las segundas diferencias de dos variables relacionadas con la lluvia: el logaritmo de la lluvia y el cuadrado de la diferencia entre el logaritmo de la lluvia de cada año y el logaritmo de la pluviosidad media en el periodo considerado. Ambas son significativas. La primera con signo más y la segunda con signo menos. Pero, dados los coeficientes con los que aparecen ambas variables, una variable compuesta por éstas dos crece cuando crece la cantidad de lluvia caída. En efecto la primera derivada de esta variable compuesta respecto a la lluvia es positiva. Pero la segunda es negativa.

La interpretación de este hecho es que la lluvia afecta positivamente al consumo de fertilizantes fosfatados, pero lo hace cada vez menos.

5. CONCLUSIONES

La conclusión más importante de este estudio es que hay efectos precios significativos en el consumo de fertilizantes en España.

La demanda de abonos nitrogenados tiene una elasticidad precio aproximada de -0.75 . La elasticidad de demanda de los abonos fosfatados es aproximadamente igual a -0.45 .

Parecen existir, además, efectos cruzados del mismo tipo de los que habría si los dos abonos fueran sustitutivos: ambos precios entran en cada ecuación de demanda con coeficientes de igual magnitud aunque de signo contrario.

Estos resultados numéricos se obtienen tanto en el análisis de series temporales (análisis de transferencia Box-Jenkins) como en el de regresión tradicional.

La presencia de efectos precio cruzados de carácter sustitutivo no deja de sorprender, pues no hay razones técnicas para suponer que ambos tipos de fertilizantes sean sustitutivos. La explicación podría estar en el comportamiento de los agricultores, que buscan abaratar costes más allá de lo que el óptimo técnico permite.

Parece haber cierta complementariedad entre el consumo de fertilizantes y alguna variable relacionada con la cantidad de lluvia. Desgraciadamente los años de mayor sequía del periodo muestral coinciden con los años en los que se han producido mayores aumentos en los precios de los fertilizantes nitrogenados, por lo que no es fácil separar los dos efectos.

NOTACIONES Y ABREVIATURAS

$$\xi_t^{I,t*} = \begin{cases} 0.0 & t \neq t^* \\ 1.0 & t = t^* \end{cases}$$

$$\xi_t^{S,t*} = \begin{cases} 0.0 & t < t^* \\ 1.0 & t \geq t^* \end{cases}$$

$\hat{a}_t$: Residuo en el periodo t .

$\hat{\sigma}_a \times 100$: Estimación de la desviación típica porcentual de los residuos

$\nabla = (1-B)$: operador retardo

d : Factor de amortiguamiento de un operador autorregresivo de orden 2 con raíces complejas

Per : Periodo de un operador autorregresivo de orden 2 con raíces complejas

$Q()$: Estadístico Box-Pierce con los grados de libertad entre paréntesis

n : Número de observaciones

$\bar{a}$: Media de la serie

BIBLIOGRAFIA

Box, G.E.P. y G.M. Jenkins. 1970. Time series analysis: forecasting and control. San Francisco: Holden-Day.

Nelson, C.R. 1973. Applied time Series Analysis for managerial forecasting. San Francisco: Holden-Day.

Dirección General de Producción Agrícola. Anuario Estadístico Agrícola. Madrid. Ministerio de Agricultura y Pesca.

ESTE DOCUMENTO TIENE DOS CUADROD QUE CORRESPONDEN

A LAS PAGINAS NOS. 26 y 31

ESTAN EN EL DOCUMENTO OGCS8611.CUA