

"EJERCICIOS DE PROGRAMACION DE
LA INDUSTRIA DE FERTILIZANTES"

C. Sebastián¹
M.F. García Camacho
Documento 86-18

¹Estamos agradecidos a M. Jerez que nos asistió eficazmente en la resolución informática del programa de optimización.

INDICE

1. Introducción	1
2. Optimización de la producción de fertilizantes	2
3. Ecuaciones del modelo	4
4. Resultados	12
5. Obtención de las curvas de costes	16
6. Conclusiones	20
7. Apéndice	22

1. INTRODUCCION

Este trabajo, trata en primer lugar, de analizar la configuración óptima de la oferta del sector de fertilizantes en España. El método seguido, consiste en un modelo de programación lineal mixta,² en el que se minimizan los costes, sometidos a las restricciones tecnológicas y de demanda con las que se encuentra el sector.

En segundo lugar, el estudio se plantea generar curvas de costes en la producción de fertilizantes nitrogenados. Para ello se utiliza el mismo modelo de programación matemática y se computa cual es el coste total, medio e incremental asociado a cada volumen de producción. Para ello se supone que los productores de fertilizantes toman sus decisiones de acuerdo con el criterio de minimización de costes.

El informe tiene la siguiente estructura: en el apartado 2, se exponen los objetivos que determinan la forma del modelo y todos los casos a analizar. El 3, detalla la formulación del modelo. El apartado 4 presente los resultados del estudio. El 5, discute la derivación de curvas de costes en la producción de fertilizantes nitrogenados. Por último, el 6 contiene las conclusiones del estudio, finalizando el informe con un apéndice de fuentes de datos.

²Pues el programa contiene tanto variables continuas, que representan hechos como la intensidad a la que se operan los procesos productivos y las compras de materias primas que se realizan; como variables enteras, que representan decisiones de inversión en tecnologías con costes fijos.

2. OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION DE FERTILIZANTES.

Se plantea el análisis como un problema de programación matemática, pues esta técnica permite analizar de forma exhaustiva las soluciones de equilibrio y la influencia sobre ellas de cambios en los parámetros (estática comparativa).

El programa concreto minimiza los costes totales de la industria de producción de fertilizantes. La minimización está restringida por la existencia de un volumen de demanda prevista, por limitaciones de la capacidad y por la disponibilidad de materias primas.

Los objetivos de este análisis, que determinan el diseño del modelo, se concretan a los siguientes puntos:

1. Racionalización de la producción: Sustitución de algunas materias primas, cuyos costes son elevados, por otras.

2. Decisiones de inversión. Determinación de las ampliaciones de capacidad en los distintos procesos y de las posibles decisiones de reconversión de capacidad.

Los diferentes ejercicios de estática comparativa que se han realizado a partir del caso nominal son los siguientes:

- A - Aumento del precio de las importaciones del amoníaco en un 20%.
- B - Disminución en un 20% del precio de las compras del amoníaco, dióxido de carbono, ácido nítrico y urea.
- C - Aumento de los precios de las importaciones

de nitrato amónico cálcico 26, nitrato amónico 33 y de los complejos en un 20%.

- D - Disminuyen los precios de todas las importaciones en un 20%.
- E - Variación del coeficiente técnico que relaciona amoniaco con gas natural, aumenta en un 25%. También aumenta el precio del gas natural en un 25% y disminuye el de el amoniaco importado en un 20%.
- F - Aumento del precio del gas natural en un 25% con respecto al caso nominal.

En todos los casos expuestos hay que considerar dos subcasos:

- Pudiéndose importar los nitratos amónico (NAC 26 y NA 33,5) y complejos.
- No pudiéndose importar los productos anteriormente citados.

Por último, para la construcción de las curvas de costes se han utilizado, alternativamente, tres situaciones o casos distintos.

En primer lugar, considerar la situación en la que no se puede importar ningún producto a excepción del amoniaco.

En segundo lugar, no se puede importar nada a excepción del amoniaco siempre que la cantidad importada de éste sea inferior o igual al 60% de su producción nacional.

Por último, considerar la anterior situación unida al hecho de que no existe gas natural como materia prima. En este caso hay que permitir la posibilidad de invertir para aumentar la capacidad de producir amoniaco a partir de las naftas.

3. ECUACIONES DEL MODELO

1 FUNCION OBJETIVO

$$\text{Min } (C_K + C_U + C_M + C_I)$$

El objetivo es la minimización de los costes. Estos están compuestos por el coste de las inversiones, coste de materias primas, coste de importaciones y coste de transporte.

Las variables se definen como sigue:³

$$A) \quad C_K = \sum_{m \in EQ} \sigma_m (d_m Y_m + v_m H_m) + \sum_{m, n \in EQ} \sigma_{mn} (v_{mn} V_{mn})$$

El coste de inversión (C_K) tiene dos elementos: coste de ampliación de las capacidades productivas y coste de reconversión de plantas existentes. El primero tiene dos componentes: un coste fijo (dm) en el que se incurre al invertir en la planta y un coste variable (vm) por unidad de capacidad que se amplie.

El significado de los parámetros es:

³Los valores numéricos de todos los coeficientes que se presentan son expuestos en el apéndice de fuentes de datos.

Los conjuntos que aparecen a lo largo de toda la formulación son explicitados inmediatamente después de ésta.

$\sigma_m, \sigma_{m,n}$ = proporción del coste de inversión imputable al periodo.

dm = coste fijo en el que se incurre por invertir.

$v_{m,n}, v_m$ = proporción de coste variable.

Las variables a determinar por el modelo son:

Y_m = variable entera de decisión. Determina si la inversión se lleva a cabo o no. Toma valores 0,1.

H_m = cantidad invertida en el equipo m .

$V_{m,n}$ = cantidad reconvertida. Aumenta la capacidad de m y se reduce en igual cantidad la de n .

El parámetro σ_m se calcula a partir de un supuesto sobre la vida útil del equipo m (p_m) y sobre la tasa de descuento (r), mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_m = \frac{r}{1 - (1+r)^{-p_m}}$$

$$B) \quad C_u = \sum_{c \in MP} q_c U_c$$

CU = coste de materias primas

Incluye esta variable los costes de estos productos ya sean nacionales o importados.

q_c = precio de las materias primas.

U_c = cantidad de compra de input c .

$$C) \quad C_N = \sum_{c \in F} q_c^I M_c + \sum_{c \in I} q_c^I M_c$$

CM = coste de las importaciones.

Se incluyen únicamente los costes de las importaciones de productos finales e intermedios. Las materias primas también se importan pero estos costes se incluyen en la anterior partida.

q_c^I , q_c^I = los precios de los productos importados. Exógenos y positivos.

M_c = cantidad de producto c importado.

$$D) \quad C_T = \sum_{c \in F} \beta_c D_c$$

CT = Coste de transporte

Se expresa de forma muy simple este coste debido al supuesto de partida en el que se considera la demanda sin desagregación espacial.

β_c = coste de transporte unitario.

D_c = cantidad de fertilizante c demandado.

2 BALANCE DE LOS PRODUCTOS

$$\sum_{p \in p} a_{c,p} Z_p + M_c - D_c \geq 0 \text{ para todo } c \in F$$

$$\sum_{p \in p} a_{c,p} Z_p + M_c \geq 0 \text{ para todo } c \in I$$

$$\sum_{p \in p} a_{c,p} Z_p - U_c \geq 0 \text{ para todo } c \in MP$$

Estas ecuaciones indican los requerimientos de las actividades. En todos los casos:

$a_{c,p}$ = coeficiente técnico o rendimiento de los procesos para cada producto c . Viene dado exógenamente. Tomará valores positivos cuando se considera un output y negativos si se consiera un input.

Z_p = nivel de actividad del proceso p .

D_c = cantidad demandada de c .

M_c = cantidad importada de c .

U_c = cantidad de compra de input c .

La demanda de cada fertilizante concreto se determina endógenamente por el modelo, pero el valor de estas variables deberá cumplir las siguientes restricciones que expresan los requerimientos totales de cada uno de los nutrientes:

$$\begin{aligned} \sum_{c \in NF} \alpha_c D_c &\leq \overline{D_{NF}} \\ \sum_{c \in FF} \alpha_c D_c &\leq \overline{D_{FF}} \end{aligned}$$

Donde $\overline{D_{NF}}$ y $\overline{D_{FF}}$ son valores obtenidos del estudio de provisiones sobre la demanda de fertilizantes, tanto nitrogenados como fosfatados. Están expresadas en cantidades de nutrientes - nitrógeno (N) y fósforo (F).

α_c = proporción de nutriente por unidad de producto.

Por último, existen limitaciones a la utilización de materias primas:

$$U_c \leq \overline{U}_c \quad c \in MP$$

3 CAPACIDAD

$$\begin{aligned} \sum_{p \in p} b_{m,p} Z_p - H_m - V_{m,n} &\leq \overline{K_m} \text{ para todo } m, n \in EQ \\ \sum_{p \in p} b_{m,p} Z_p - H_m + V_{m,n} &\leq \overline{K_m} \end{aligned}$$

El nivel de actividad de los procesos está limitado por la cantidad de capacidad existente, que aumentará con la inversión y puede que aumente o disminuya con la reconversión.

b_{mp} = requerimientos de capacidad por cada proceso, es decir, "cantidad" de equipo m para operar a nivel unitario el proceso p .

Z_p = nivel de actividad del proceso p .

H_m = cantidad de capacidad invertida.

$V_{m,n}$ = cantidad de capacidad reconvertida. Con signo positivo para aquellos equipos que pierden capacidad y con signo negativo para los que ven aumentada su capacidad.

P_m = capacidad máxima existente.

4 INVERSION

$$H_m - h_m Y_m \leq 0 \text{ para todo } m \in EQ$$

$$Y_m = 0, 1$$

Determina la inversión en cada equipo. Si se desea invertir en el equipo m , la cantidad H_m , la variable Y_m tomará el valor 1, con lo que aparecerá en la función objetivo el coste fijo d_m .

h_m = máximo tamaño de la planta en el equipo m .

Si se deseara superar este máximo de capacidad, habría que invertir en otra unidad de equipo m y volver a incurrir en el coste fijo.

CONJUNTOSF: Fertilizantes

URE : Urea
NAC26 : Nitrato amónico cálcico 26
NAC33 : Nitrato amónico cálcico 33
SSPG : Superfosfato
TSP : Triple superfosfato
NPK : Complejos
DAP : Fosfato diamónico
SOL : Solubles

I: Productos intermedios

NH3 : Amoniaco
NOH : Acido nítrico
CO2 : Dióxido de carbono
SOH : Acido sulfúrico
POH : Acido fosfórico

MP: Materias primas

GN : Gas natural
NAF : Naftas
GQ : Gas coquería
GR : Gas de refinería
PIR : Piritas
ROC : Roca fosfórica
CLK : Cloruro potásico
MISC : Inputs varios (energía, trabajo, otros)

EQ: Equipos

NAGNE : Amoniaco: gas natural

NHNAF	: Amoniaco: nafta
NHGRE	: Amoniaco: gas refineria
NHGQE	: Amoniaco: gas
NHE	: Acido nitrico
SOHE	: Acido sulfúrico
POHE	: Acido fosfórico
URE	: Urea
NAE	: Nitrato amónico
NSAE	: Nitrofulfato
SSPE	: Superfosfato
TSPE	: Triple superfosfato
DAPE	: Fosfato diamónico
SOLE	: Solubles

P: Procesos

NHGN	: Amoniaco: gas natural
NHNAF	: Amoniaco: nafta
NHGAP	: Amoniaco: gas refineria
NHGQP	: Amoniaco: gas coqueria
NDHP	: Acido nitrico
UREAP	: Urea
NAC26P	: Nitrato amónico cálcico 26
NAC26PN	: Nitrato amónico cálcico nuevo 26
NA33P	: Nitrato amónico 33
NA33PN	: Nitrato amónico nuevo 33
NSAP	: Nitrato nafta amónico
SAP	: Sulfato amónico
SSP	: Superfosfato
TSP	: Triplefuperfosfato
NPKP	: Complejos
DAPP	: Fosfato diamónico
SOLP	: Solubles
SOHP	: Acido sulfúrico
POHP	: Acido fosfórico

4. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION DE FERTILIZANTES

La optimización de la producción de fertilizantes y el análisis de sensibilidad de la solución nos permite analizar, entre otras, las siguientes cuestiones:

a) Dada la capacidad disponible en cada una de las actividades, la disponibilidad de materias primas, y los precios internacionales de los distintos productos, qué decisión resultaba óptima: producir todo interiormente, producir los fertilizantes pero importar los bienes intermedios, importar los productos finales (los fertilizantes).

b) Si imponemos que la producción nacional debe satisfacer toda la demanda final de fertilizantes -por consideraciones de mayor cercanía al agricultor y de costes de transporte no explicitados en el modelo- qué decisiones hay que tomar en lo referente al amoníaco: importarlo o producirlo interiormente, y en ese caso con qué técnica.

c) La urea es un producto que puede ser objeto de demanda final y a su vez ser utilizado para la producción de abonos y de soluciones nitrogenadas. La decisión de importarla o producirla teniendo en cuenta, además, que ambos procesos podrían necesitar de ampliaciones de capacidad sometidos a costes fijos. Los casos o escenarios que han sido analizados son los siguientes:

1º Caso nominal -definido por el valor de los parámetros recogidos en el apéndice- con la posibilidad de importar amoníaco, urea, ácido

nitrico, nitrato amónico (26 y 33) y complejos.

- 29 Caso 12 sin posibilidad de importar los nitratos amónicos y los abonos complejos.
- 39 Caso 19 con un precio del amoniaco un 20% menor.
- 49 Caso 29 con un precio del amoniaco un 20% menor.
- 59 Caso 19 con un precio de amoniaco, del ácido nítrico y de la urea un 20% menor.
- 69 Caso 29 con un precio del amoniaco, del ácido nítrico y de la urea un 20% menor.
- 79 Caso 19 con un precio de los nitratos amónicos y de los abonos complejos un 20% mayor.
- 89 Caso 19 con una reducción de un 20% del precio de todos los productos importados (bienes intermedios y finales).
- 99 Caso 19 con un precio del gas natural un 25% mayor.
- 109 Caso 29 con un precio del gas natural un 25% mayor.
- 119 Caso 29 con un precio de la urea importada un 20% mayor.
- 129 Caso 29 con un precio del gas natural un 20% mayor, un precio del amoniaco importado un 20% menor y un aumento del coeficiente técnico que

determina los requerimientos de gas natural para producir amoniaco.

130 Caso 20 impidiendo la reconversión de las plantas de naftas a gas natural.

Las soluciones de todos estos casos permite responder a las cuestiones a) - c) planteadas más arriba.

Respecto a la cuestión a) -la importación de productos finales- cuando se le permite tal actividad el modelo decide la importación de un porcentaje importante de fertilizantes nitrogenados. En el caso nominal decide importar el 34% del 1.050.000 de Tms de nitrógeno en el que se fija la demanda. Y lo hace en nitratos amónicos y en menor proporción en urea. Esta proporción sube ligeramente -pasa a un 35%- cuando (en el caso 82) se reduce un 20% el precio de importación de los fertilizantes. Y se reduce -pasa a un 31%- cuando el precio de los fertilizantes aumenta un 20% (caso 79) o cuando los productos intermedios (amoniaco y ácido nítrico) se abaratan en un 20% (caso 39 y 52).

Respecto a la decisión sobre producir o importar amoniaco -cuestión b)- se observa, en primer lugar, que el modelo decide siempre producir interiormente el amoniaco a partir del gas natural y del gas de refinería, y lo hace hasta el máximo de disponibilidad de estas materias primas, y decide no producir nunca amoniaco a partir de las naftas. Y esta decisión es bastante robusta. La toma en el caso nominal y le sigue tomándola en el caso 120 con un precio del gas natural un 20% mayor que en el caso nominal, un aumento de los requerimientos de gas natural para producir amo-

niaco de un 17%³ -pasa de $8,5 \times 10^3$ Termias por Tm a 10×10^3 Termias por Tm-, y una disminución en el precio del amoniaco importado de un 20%. En los casos en que se le permite, la capacidad para producir amoniaco a partir del gas natural la genera reconvirtiendo unidades existentes que venian utilizando naftas como materia prima. Tambien genera capacidad para producir amoniaco a partir de gas de refineria reconvirtiendo una planta anterior de 180.000 Tm de capacidad que utilizaba naftas.

Cuando no se le permite actividades de re-conversión invierte en una nueva planta de gas natural de 400.000 Tms anuales de capacidad y acude a la importación en lugar de incurrir en el coste fijo de una nueva planta.

En los casos en los que no se le permite importar fertilizantes nitrogenados, entonces utiliza la capacidad existente para producir amoniaco a partir de gas de coqueria. Téngase en cuenta que en estos casos la demanda de amoniaco aumenta respecto a los casos en los que se permite la importación de productos finales.

En lo que se refiere a la decisión de producir o importar urea -posibilidad abierta en todos los casos- el modelo decide importar, por lo general, solamente un 8% de las necesidades de urea, produciendo interiormente hasta aquella cantidad en la que se agota la capacidad disponible. En el único caso en el que no obtiene este resultado es en el 69, caracterizado por la disminución en un 20% del precio de importación de la urea. En este

³Lo cual supone un encarecimiento de las materias primas en un 40%.

caso importa prácticamente la totalidad de la urea necesaria (un 91%).

5. OBTENCION DE LAS CURVAS DE COSTES

Un modelo de optimización de la producción de un sector o de una empresa puede ser utilizado para generar curvas de costes.

El procedimiento es el siguiente: se calcula la solución primal del programa para distintos valores de la demanda que el programa tiene que satisfacer. El valor de la función objetivo de cada una de esas soluciones primales (al que hay que sumar el coste de capital imputable a la capacidad ya existente) es el coste mínimo -optimizando las técnicas utilizadas- de producir cada cantidad demandada. De esta forma se van obteniendo tantas observaciones de curvas de costes como soluciones primales se hayan calculado.

El ejercicio se ha realizado para 11 cantidades distintas de nitrógeno incorporado a los fertilizantes, bajo el supuesto de que no se producen fertilizantes fosfalados: se ha empezado con 400.000 Tm de N y se ha ido aumentando la cantidad demandada de 100.000 en 100.000 Tm hasta llegar a 1.400.000 Tms.

Este mismo ejercicio se repite tres veces, para distintos supuestos sobre técnicas disponibles y sobre posibilidades de importación. En el primer caso solo se puede importar amoniaco y éste puede ser producido con cualquiera de las técnicas disponibles (incluido el gas natural). El segundo caso es igual al anterior, pero solo se puede

importar amoniaco hasta un 60% de la producción interior de este producto. Por último, el tercer caso es igual al anterior, pero no se dispone de gas natural para producir interiormente amoniaco.

Para la situación actual del sector español de fertilizantes, en la que no existe la posibilidad de utilizar gas natural para producir amoniaco, el caso relevante es el tercero.

El cociente del valor de la función objetivo entre la cantidad de fertilizantes que hay que producir será el coste medio de producción. El incremento del coste al producir cada 100.000 adicionales será el coste incremental que puede ser interpretado como el coste marginal.

En el gráfico 1 se presentan las curvas de coste medios y marginales para el caso (tercero) en el que no existe disponibilidad de amoniaco y no se permite la importación de ningún producto, excepto amoniaco, pero esta importación no puede exceder al 60% de la producción interior del producto. Este caso es el que representa mejor la actual situación de la industria de fertilizantes.

Puede observarse que los costes medios son fuertemente decrecientes para producciones pequeñas, estabilizándose a partir de determinada producción. Los costes marginales tienen una tendencia ligeramente crecientes, excepto para una dimensión de 1.100.000 Tm de nitrógeno en la que experimentan un fuerte salto. Esto es debido a que para superar este volumen de producción se tiene que incurrir en costes de inversión importantes para ampliar la capacidad de algunos procesos. La forma en como se calculan estos costes marginales -recuérdese que son realmente costes incrementa-

les- supone incluir en ellos los costes de inversión para incrementar la capacidad.

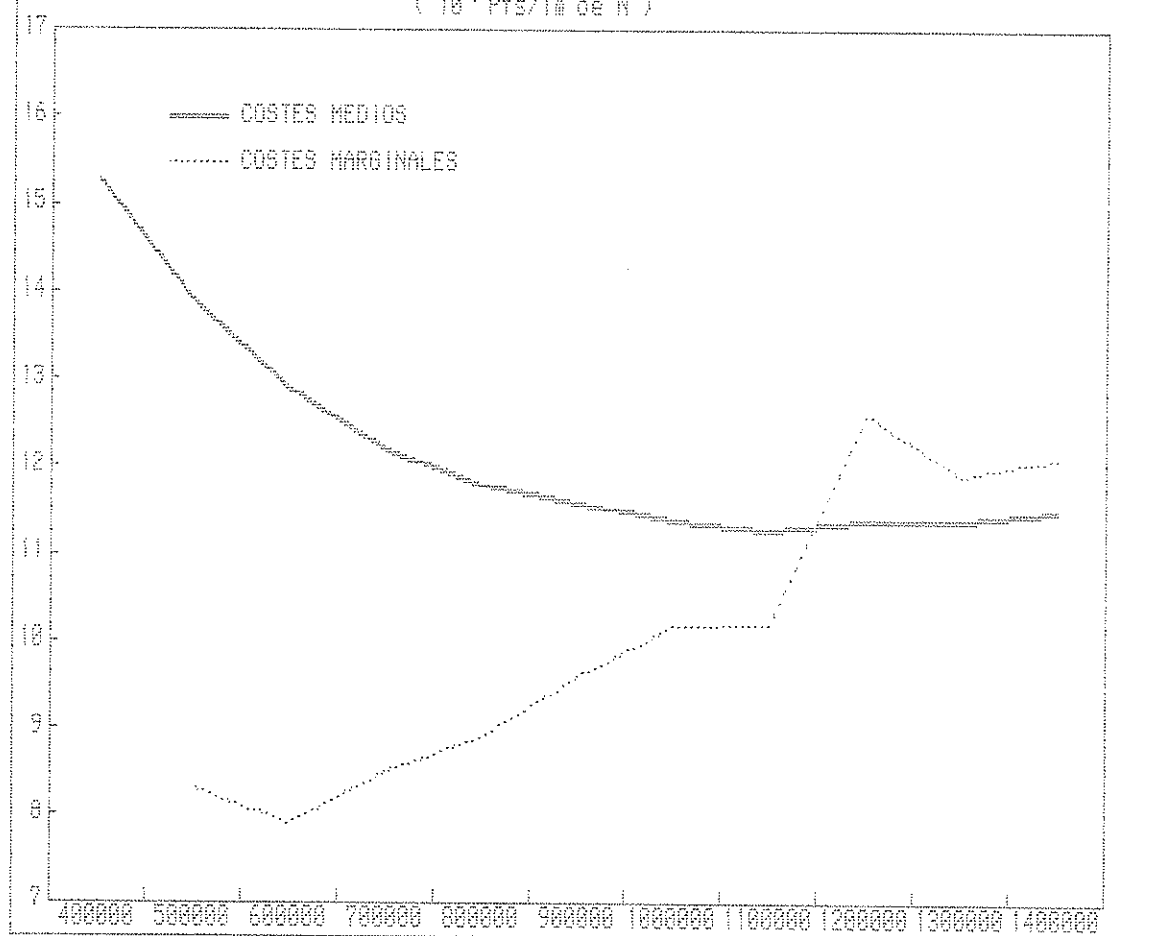
Se ha estimado la elasticidad de oferta de la industria de fertilizantes para este caso, ajustando una relación lineal logarítmica a los datos de costes marginales (CM_0) correspondientes a cada cantidad de fertilizantes (X). El resultado es:

$$\ln X = 11.8 + 2.15 \ln CM_0 \quad : \quad R^2 = 0.91 \\ (0.26)$$

El valor de la elasticidad de oferta es, por tanto, 2,15. Un valor bastante alto pero pausable.

CURVAS DE COSTES (FERTILIZANTES)

(10^4 Pts/Tn de N)



CONCLUSIONES

Se han realizado ejercicios de programación de la industria española de fertilizantes, utilizando un modelo de programación lineal mixta.

El modelo utilizado está enormemente simplificado. Solo se considera una única planta y un único lugar de demanda de fertilizantes. Con lo que el importante componente de transportes que tiene la programación de fertilizantes queda excesivamente simplificado. Al haber una única planta, por otro lado, se excluye la consideración de posibles complementariedades entre plantas, que generarían flujos de productos intermedios entre ellas. Una mayor disponibilidad de datos hubiera permitido formular y resolver un modelo de programación más complejo y útil.

El modelo se utiliza con dos objetivos: ver como queda afectada la configuración óptima de la industria de fertilizantes ante supuestos alternativos (sobre precios, costes y disponibilidad de técnicas) y derivar curvas de costes (medios y marginales) de la producción de fertilizantes nitrogenados.

Respecto al primer objetivo, el modelo decide sistemáticamente la producción de amoníaco a partir del gas natural, siempre que esta materia prima esté disponible y a partir del gas de refinería, siempre que se le permita la reconversión de una unidad de producción de amoníaco que estaba utilizando naftas en una unidad que utiliza ésta otra materia prima. En ningún caso, y pese a la

capacidad disponible, el modelo decide la utilización de naftas para producir amoniaco. El modelo, por otra parte, decide la importación de una proporción muy pequeña de urea, utilizando toda la capacidad disponible. Pero no invierte en una nueva planta para este producto. La decisión de importar urea en pequeñas cantidades es bastante sensible al precio de la urea (relativo al de los otros productos). Una reducción de un 20% en el precio de la urea importada lleva a utilizar solamente el 9% de la capacidad instalada y a importar el resto de las cantidades demandadas.

Respecto al segundo objetivo, se derivan curvas de costes medios y marginales de la industria de fertilizantes. Estas han sido utilizadas para el análisis de la política industrial en el sector de fertilizantes. La curva de costes medios es decreciente hasta un punto. La curva de costes marginales es ligeramente creciente. A partir de este último se estima una elasticidad de oferta de 2,15.

APENDICE

Se presentan en este Apéndice los datos utilizados en el modelo de programación.

Las fuentes a partir de las cuales han sido elaboradas son:

- Junta Superior de Precios: Escandallo de Fertilizantes, Enero 1986.
- Secretaría General Técnica del Ministerio de Industria y Energía: "Análisis del Sector de Fertilizantes. Situación y perspectivas". Mayo 1985.
- VGT. Federación Química-Energía: "Reconversión Fertilizantes". Enero 1985 (contiene un amplio informe del Boston Consulting Group).
- A.M. Choksi, A. Meeraus y A.J. Stoutjesdijk: "The Planning of Investment Programs in the Fertilizer Industry", World Bank Research Publication. John Hopkins University Press. 1985.
- I.E.A. Coal Research: "The economics of producing ammonia and hydrogen. December 1984.

COEFICIENTES TECNICOS

	AGN	ANF	AGP	AGA	NIT	URE	N26	NN26
GNA	-8.5							
NAF		-1						
GRA			-0.98					
GGA				-2				
NH3	1	1	1	1	-0.292	-0.6	-0.36	-0.29
NIT					1		-0.62	-0.53
CD2	1	1	1	1		-0.58		
CAL							-0.26	-0.26
URE						1		
N26							1	1
MIS	-0.007	-0.009	-0.007	-0.026	-0.004	-0.010	-0.005	-0.004
+	N33	NN33	NNA	SAM	ASU	SFP	TSP	COM
NH3	-0.47	-0.38	-0.35	-0.275				-0.056
NIT	-0.8	-0.68	-0.315					-0.055
CAL	-0.04	-0.04						
ASU			-0.465	-0.77	1	-0.41	-1.033	-0.059
URE								-0.037
N33	1	1						
SAM				1				
NNA			1					
SFP						1		-0.41
TSP							1	
COM								1
MAP								-0.14
AFD							-0.66	-0.015
PIR					-0.83			
RDC						-0.594	-1.594	-0.03
CLK								-0.19
MIS	-0.005	-0.004	-0.004	-0.003	-0.005	-0.002	-0.002	-0.003
+	FDI		SOL	AFD	MAP			
NH3	-0.23		-0.433		-0.15			
NIT			-0.46					
ASU				-1.8				
URE			-0.36					
N33			-0.46					
FDI	1							
MAP					1			
SOL			1					
AFD	-0.87			1	-0.99			
RDC				-2.35				
MIS	-0.003		-0.003	-0.006	-0.001			

COEFICIENTES DE UTILIZACION DE CAPACIDAD

	AGN	ANF	AGP	AGA	NIT	URE	NN26	NN33
NEG	1							
NEN		1						
NER			1					
NEQ				1				
NED					1			
UEA						1		
NEC							1	1

+	NNA	SAH	ASU	SFP	TSP	COM	FDI	MAP
NES	1							
SEM		1						
SEH			1					
SEP				1				
TEP					1			
NEP						1		
FEM							1	1

+	SOL	AFO	NN26	NN33
SEL	1			
PEH		1		
NEN			1	1

INPUTS

COTAS A LA DEMANDA DE MATERIAS PRIMAS

UC

GNA	7500000
GGA	200000
GRA	176400

PRECIO DE LAS MATERIAS PRIMAS

PC

GNA	2.6
GRA	25
NAF	26300
GGA	5.5
PIR	3800
RDC	6500
CLK	15700
CAL	1146
MIS	1000000

PRECIO DE LAS IMPORTACIONES

PM

NH3	27000
NIT	13300
CO2	2000
URE	29000
N26	17200
N33	26500
COM	26100

FERTILIZANTES

CANTIDAD DE NUTRIENTE (%)

	NITROGENADOS	FOSFATADOS
URE	,46	
N26	,26	
N33	,33	
NNA	,28	
SAM	,21	
SOL	,32	
FDI	,11	,52
COM	,09	,16
SFP		,18
TSP		,45

COTAS A LA DEMANDA

	DCMINIMA	DCMAXIMA
URE	366600	453900
N26	839500	1203100
N33	362200	448500
NNA	181200	219200
SAM	286300	419800
SOL	94400	114200
SFP	80000	114000
TSP	7000	160000
FDI	15500	24000
COM	1980000	2850000

EQUIPOS

CAPACIDAD INICIAL

KM

NEG	0
NEN	1000000
NER	0
NEQ	100000
NED	1100000
UEA	550000
NEC	1375000
NES	200000
SEM	400000
SEH	1750000
SEP	2000000
TEP	45000
NEP	3500000
FEM	300000
SEL	120000
PEH	500000
NEN	0

AUMENTO MAXIMO DE CAPACIDAD POR INVERSION

HM

NEG	500000
NEN	500000
NER	350000
NEQ	150000
NED	300000
UEA	400000
NEC	400000
NES	300000
SEM	300000
SEH	300000
SEP	350000
TEP	360000
NEP	400000
FEM	500000
SEL	100000
PEH	400000
NEN	400000

COSTES DE INVERSION EN NUEVA CAPACIDAD

	DM	VM	RM
NEG	14620	0.031	.13147
NEN	0	0	0
NER	0	0	0
NEQ	0	0	0
NED	1350	0.021	.13147
UEA	5100	0.015	.13147
NEC	0	0	0
NES	0	0	0
SEM	0	0	0
SEH	0	0	0
SEP	2289	0.006	.13147
TEP	2136	0.008	.13147
NEP	0	0	0
FEM	1373	0.0076	.13147
SEL	0	0	0
PEH	0	0	0
NEM	2800	0.0508	.13147

COSTES EN RECONVERSION DE CAPACIDAD

	VMN	RMN
NEG	.0163	.13147
NER	.0360	.13147