

# ESTUDIOS SOBRE PRECIOS GEOGRAFICOS DE LA LECHE

Por  
PEDRO CALDENTY ALBERT  
Doctor Ingeniero Agrónomo

## S U M A R I O

I. ANALISIS CRITICO DE LA REGULACION DEL MERCADO DE LA LECHE EN ESPAÑA: 1) INTRODUCCIÓN. 2) REGULACIÓN DE LOS PRECIOS DE LA LECHE EN LAS CAMPAÑAS 1967-68 A 1971-73. 3) CONSIDERACIONES TEÓRICAS SOBRE LA FORMACIÓN DE LOS PRECIOS DE LA LECHE: 3.1) Precios en el tiempo; 3.2) Precios en el espacio; 3.3) Precios en la forma. 4) COHERENCIA DE LA REGULACIÓN DEL MERCADO DE LA LECHE. II. CALCULO DE PRECIOS GEOGRAFICOS OPTIMOS: 5) MODELOS APLICABLES AL SECTOR DE PRODUCTOS LÁCTEOS. 6) MODELO I. 7) MODELO II. 8) PRIMERA APLICACIÓN DEL MODELO II. 9) SEGUNDA APLICACIÓN DEL MODELO II. 10) ZONAS LECHERAS. 11) CONCLUSIONES.

## PRESENTACION

**E**L presente estudio trata de analizar las posibilidades de la programación matemática en su aplicación a los problemas de los precios de la leche en España.

En la primera parte se describen los aspectos más importantes de la regulación del mercado de productos lácteos en los últimos años y se hacen unas consideraciones sobre la formación teórica de precios.

En la segunda parte, se plantean varios modelos matemáticos y se aplica uno de ellos a la situación actual española. El modelo aplicado es muy sencillo, ya que considera como datos las producciones provinciales y los consumos a nivel de central lechera, pero la falta de información no permite la aplicación de modelos más amplios. Aún así, la fiabilidad de los resultados obtenidos relativos a flujos óptimos y a diferencias óptimas de precios provinciales está condicionada por la poca exactitud de las estadísticas disponibles.

No obstante, los resultados tienen un cierto valor, siempre que se utilicen con carácter indicativo y no en su valor absoluto. El estudio, por otra parte, puede constituir una aportación para estudios sucesi-

vos no solamente al sector de productos lácteos, sino también a otros productos agrarios y no agrarios.

Se agradece a don Juan Antonio SÁNCHEZ MOLINA, a don Francisco LAMAS GARCÍA-PARDO y a don Julián BRIZ ESCRIBANO su colaboración en la discusión de los modelos teóricos y en su aplicación y en el suministro de datos.

## I. ANALISIS CRITICO DE LA REGULACION DEL MERCADO DE LA LECHE EN ESPAÑA

### 1. INTRODUCCIÓN

Las disposiciones más importantes que se han publicado para la regulación de la comercialización de la leche en España han sido las siguientes:

Decreto de 18 de abril de 1952 por el que se crean las Centrales Lecheras.

Orden de 31 de julio de 1952 por la que se aprueba el Reglamento que desarrolla el Decreto anterior.

Decreto 2478/1966, de 6 de octubre («B. O.» 7 octubre 1966), por el que se promulga un nuevo Reglamento de Centrales Lecheras e Industrias Lácteas.

Decreto 544/1972, de 9 de marzo, sobre modificación de determinados artículos del Reglamento de Centrales Lecheras y otras Industrias Lácteas («B. O.» 14 mayo 1972).

Hasta el año 1966 se establecían precios de compra al ganadero y precios de venta para cada una de las Centrales Lecheras.

En el Decreto 2478/1966 se establecen una serie de normas a las cuales debe ajustarse la regulación de precios en cada campaña. Entre ellas destacan las siguientes:

Se define el año lechero como el período comprendido entre 1 de abril y 31 de marzo del año siguiente (en disposiciones posteriores ha sido modificado).

Se establecen precios mínimos de compra al ganadero, que pueden variar según zonas y según períodos del año lechero.

Los precios de compra también pueden variar según el distinto uso de la leche (higienización, esterilización, usos industriales).

Los precios mínimos corresponden a la leche que reúna determinadas características, aplicándose primas o descuentos cuando tenga otras características.

Los precios mínimos se propondrán partiendo de los costes reales de producción y por zonas de análogas características ecológicas, edafológicas y de explotación ganadera.

Se establecen asimismo precios máximos de venta al público o sobre muelle Central Lechera de las leches higienizada y concentrada. Estos precios se calculan en función de los precios mínimos de compra al ganadero.

## 2. REGULACIÓN DE LOS PRECIOS DE LA LECHE EN LAS CAMPAÑAS 1967-68 A 1972-73

El año lechero, así como los dos períodos (primavera-verano y otoño-invierno), son establecidos para las campañas 1967-68 a 1971-73 dentro de las siguientes fechas:

CAMPAÑA	1.º Período	2.º Período
1967-68 ... ..	1 abril a 30 septiembre.	1 octubre a 31 marzo.
1968-69 ... ..	1 abril a 30 septiembre.	1 octubre a 31 marzo.
1969-70 ... ..	1 abril a 31 agosto.	1 septiembre a 28 feb.
1970-71 (1) ... ..	1 marzo a 31 agosto.	1 septiembre a 28 feb.
1971-72 ... ..	1 marzo a 31 agosto.	1 septiembre a 28 feb.
1972-73 ... ..	1 marzo a 31 julio.	1 agosto a 28 febrero.

Para las islas Canarias el año lechero está algo adelantado en relación al que rige para la Península y Baleares.

Como se deduce del cuadro anterior, el año lechero ha sido adelantado un mes en relación al definido en la campaña 1967-68. También ha sido adelantada la fecha de separación de los dos períodos.

En lo que se refiere a zonas, la regulación de la campaña 1967-68 establece las siguientes:

*Zona I:* provincias de La Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Oviedo, León, Santander Vizcaya, Guipúzcoa, Alava y Navarra.

*Zona II:* provincias de Zamora, Salamanca, Burgos, Logroño, So-

(1) Estos fueron los períodos establecidos al principio de la campaña, pero a mediados de la misma se estableció el adelanto del segundo período, quedando de esta forma: 1.º período, 1 marzo a 15 julio; 2.º período, 1 septiembre a 28 febrero.

ria, Segovia, Avila, Valladolid Palencia, Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Cáceres, Badajoz y Albacete.

*Subzona de Madrid:* provincia de Madrid.

*Zona III:* provincias de Zaragoza, Huesca y Teruel.

*Zona IV:* provincias de Gerona, Lérida, Tarragona, Castellón, Valencia, Alicante, Murcia y Baleares.

*Subzona de Barcelona:* provincia de Barcelona.

*Zona V:* provincias de Huelva, Sevilla, Cádiz, Málaga, Granada, Almería, Jaén y Córdoba.

*Zona VI:* provincias de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas.

Esta distribución del país en zonas es ligeramente modificada en la campaña 1968-69, integrándose la Zona V en la Zona IV. Canarias deja de ser considerada como zona, regulándose los precios independientemente de los de la Península y Baleares.

En la campaña 1969-70, ante nuevos inconvenientes que se han presentado en campañas anteriores, se modifica de nuevo la distribución del país en zonas, quedando de la forma siguiente:

*Zona I:* La Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Oviedo, León, Santander, Vizcaya, Guipúzcoa, Alava y Navarra.

*Zona II:* Zamora, Salamanca, Burgos, Logroño, Soria, Segovia, Avila, Valladolid, Palencia, Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Cáceres, Badajoz y Albacete.

*Subzona de Madrid:* Madrid.

*Zona III:* Zaragoza, Huesca y Teruel.

*Zona IV:* Lérida, Tarragona, Castellón, Valencia, Alicante, Murcia, Baleares, Huelva, Sevilla, Cádiz, Granada, Almería, Jaén y Córdoba.

*Zona V:* Barcelona, Gerona y Málaga.

La división en zonas lecheras queda modificada de nuevo en la campaña 1970-71, en la que se establecen las siguientes:

*Zona I:* Alava, La Coruña, Guipúzcoa, León, Lugo, Navarra, Orense, Oviedo, Pontevedra, Santander y Vizcaya.

*Zona II:* Albacete, Badajoz, Burgos, Cáceres, Ciudad Real, Cuenca, Logroño, Palencia, Salamanca, Soria y Zamora.

*Zona III:* Avila, Guadalajara, Huesca, Segovia, Teruel, Toledo, Valladolid y Zaragoza.

*Subzona de Madrid:* Madrid.

*Zona IV:* Baleares, Cádiz, Córdoba, Huelva, Lérída y Sevilla.

*Zona V:* Alicante, Almería, Barcelona, Castellón, Gerona, Granada, Jaén, Málaga, Murcia, Tarragona y Valencia.

Otra modificación de zonas se produce en el año lechero 1971-72, en el cual quedan establecidas como sigue:

*Zona I:* Alava, La Coruña, Guipúzcoa, León, Lugo, Navarra, Orense, Oviedo, Pontevedra, Santander y Vizcaya.

*Zona II:* Albacete, Badajoz, Burgos, Cáceres, Ciudad Real, Cuenca, Logroño, Palencia, Salamanca, Soria y Zamora.

*Zona III:* Avila, Guadalajara, Huesca, Segovia, Teruel, Toledo, Valladolid y Zaragoza.

*Zona IV:* Cádiz, Córdoba, Huelva, Lérída, Madrid y Sevilla.

*Zona V:* Alicante, Almería, Baleares, Barcelona, Castellón, Gerona, Granada, Jaén, Málaga, Murcia, Tarragona y Valencia.

*Zona de Canarias:* Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife.

En la campaña 1972-73 se opera una nueva modificación consistente en incluir la provincia de Madrid en la Zona V y crear dentro de esta zona una subzona constituida por las provincias de Barcelona y Málaga.

Los precios mínimos de compra al ganadero han sido los siguientes para la leche destinada a higienización o esterilización:

CAMPAÑA 1967-68		
	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
Zona I ... ..	5,25	6,25
Zona II ... ..	5,50	6,50
Subzona de Madrid ... ..	6,25	7,25
Zona III ... ..	5,75	6,75
Zona IV ... ..	6,25	7,00
Subzona de Barcelona ... ..	6,50	7,25
Zona V ... ..	6,00	6,75

CAMPAÑA 1968-69		
	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
Zona I ... ..	5,25	6,25
Zona II ... ..	5,50	6,50
Subzona de Madrid ... ..	6,25	7,25
Zona III ... ..	5,75	6,75
Zona IV ... ..	6,25	7,00
Subzona de Barcelona ... ..	6,50	7,25

## CAMPAÑA 1969-70

	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
Zona I ... ..	5,25	6,50
Zona II ... ..	5,50	6,75
Subzona de Madrid ... ..	6,25	7,50
Zona III ... ..	5,75	7,00
Zona IV ... ..	6,25	7,25
Zona V ... ..	6,50	7,50

## CAMPAÑA 1970-71

	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
Zona I ... ..	5,50	6,50
Zona II ... ..	5,75	6,75
Zona III ... ..	6,00	7,00
Subzona de Madrid ... ..	6,50	7,50
Zona IV ... ..	6,25	7,50
Zona V ... ..	6,75	7,50

## CAMPAÑA 1971-72 (1)

	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
Zona I ... ..	7,00	7,25
Zona II ... ..	7,25	7,50
Zona III ... ..	7,50	7,75
Zona IV ... ..	8,00	8,25
Zona V ... ..	8,00	8,25

## CAMPAÑA 1972-73

	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
Zona I ... ..	7,50	8,50
Zona II ... ..	7,75	8,75
Zona III ... ..	8,25	9,25
Zona IV ... ..	8,60	9,60
Zona V ... ..	8,75	9,75
Subzona de Barcelona y Málaga ... ..	9,00	10,00
Zona VI ... ..	8,75	9,50

En las disposiciones reguladoras de las campañas indicadas se establece además el sistema de pago de la leche por calidad.

(1) Precios modificados en relación a los establecidos en un comienzo.

En lo que se refiere a la leche para industrialización existen unos precios mínimos, únicos para toda España, para cada uno de los dos períodos. Estos precios han sido los siguientes:

	1.º Período (Ptas. litro)	2.º Período (Ptas. litro)
1967-68 ... ..	5,25	6,25
1968-69 ... ..	5,25	6,25
1969-70 ... ..	5,25	6,50
1970-71 ... ..	5,50	6,50
1971-72 ... ..	7,00	7,25
1972-73 ... ..	7,50	8,50

Además de precios mínimos al ganadero, se establecen todos los años precios máximos de venta de las leches higienizada y concentrada en las poblaciones donde exista el régimen de obligatoriedad de higienización de la leche destinada al abastecimiento público.

Estos precios máximos se establecen para cada zona y para cada período de los indicados anteriormente. Los precios se refieren a distintos envases para el producto situado sobre muelle de central, sobre despacho detallista y al público en despacho.

En resumen, podemos indicar que la regulación de los precios de la leche consiste en diferenciar éstos según zonas, según los períodos del año lechero y según sus usos, es decir, que tiene en cuenta la estructura de los mercados en el tiempo, en el espacio y en la forma. Por otra parte, existen unos precios mínimos al agricultor y unos precios máximos al consumidor (para la leche líquida). Veamos en el capítulo siguiente algunas consideraciones técnicas que nos permitan juzgar sobre las normas de regulación actuales.

### 3. CONSIDERACIONES TEÓRICAS SOBRE LA FORMACIÓN DE LOS PRECIOS DE LA LECHE

Como es sabido los precios de un producto en un mercado se forman por intersección de la oferta y la demanda, estableciéndose un punto de equilibrio estable.

**PRECIOS MINIMOS DE COMPRA AL GANADERO DE LA LECHE  
PRIMER PERIODO DEL AÑO LECHERO  
LECHE PARA HIGIENIZACION Y ESTERILIZACION**

P R O V I N C I A S	1967-68	1968-69	1969-70	1970-71	1971-72	1972-73
— Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Oviedo, León, Santander, Vizcaya, Guipúzcoa, Alava y Navarra ... ..	5,25	5,25	5,25	5,25	7,00	7,50
— Zamora, Salamanca, Cáceres, Badajoz, Ciudad Real, Cuenca, Albacete, Burgos, Palencia, Logroño y Soria ... ..	5,50	5,50	5,50	5,75	7,25	7,75
— Avila, Segovia, Toledo, Guadalajara, Valladolid ... ..	5,50	5,50	5,50	6,00	7,50	8,25
— Madrid ... ..	6,25	6,25	6,25	6,50	8,00	8,75
— Zaragoza, Huesca y Teruel ...	5,75	5,75	5,75	6,00	7,50	8,25
— Lérida ... ..	6,25	6,25	6,25	6,25	8,00	8,60
— Barcelona ... ..	6,50	6,50	6,50	6,50	8,00	9,00
— Gerona ... ..	6,25	6,25	6,50	6,75	8,00	8,75
— Tarragona, Castellón, Valencia y Murcia ... ..	6,25	6,25	6,25	6,75	8,00	8,75
— Baleares ... ..	6,25	6,25	6,25	6,25	8,00	8,75
— Huelva, Sevilla, Córdoba y Cádiz ... ..	6,00	6,25	6,25	6,25	8,00	8,60
— Málaga ... ..	6,00	6,25	6,50	6,75	8,00	9,00
— Granada, Jaén y Almería ... ..	6,00	6,25	6,25	6,75	8,00	8,75
<b>LECHE PARA INDUSTRIALIZACION</b>						
— Todo el país ... ..	5,25	5,25	5,25	5,50	7,00	7,50

Este modelo económico teórico es naturalmente muy simplificado y se refiere a un mercado en el cual el producto es homogéneo. Por otra parte, considera que toda la oferta y toda la demanda están

concentradas en un punto y que el mercado tiene lugar en un momento determinado.

La realidad es, evidentemente, mucho más compleja. El mercado en cada momento está relacionado con el mercado en un momento sucesivo o anterior; en el caso de la leche, así como en el de otros productos agrarios, la estacionalidad determina que los precios tengan una evolución cíclica de un año de duración. Por otra parte, el mercado de la leche está constituido por un conjunto de productores, transformadores, comerciantes y consumidores que están localizados en puntos muy separados; se puede decir que el mercado nacional está constituido por un gran número de mercados dispersos en el espacio que darán lugar a una estructura espacial de los precios, que dependerá de los costes de transporte.

Por último, la leche se consume en forma directa o transformada y la relación entre los precios de los distintos productos lácteos depende de los costes de transformación.

### 3.1. *Precios en el tiempo*

La producción de leche a lo largo del año se caracteriza por una cierta estacionalidad con mayor producción en primavera y menor en invierno.

Dado que la leche fresca prácticamente no puede almacenarse y considerando que la función de demanda (respecto al precio) se mantiene prácticamente invariable a lo largo del año, en un régimen de mercado libre se producirían oscilaciones estacionales tal como se indica en la figura núm. 2.

El ciclo estacional de los precios sería de sentido inverso al ciclo estacional de la producción.

Además de las variaciones estacionales de cantidades y precios hay que tener en cuenta las variaciones de una a otra campaña, lo que determina que los ciclos anuales o de una parte del año se desplacen hacia arriba o hacia abajo.

Por último, existen causas aleatorias que pueden dar lugar a que las variables producción y precio se desvíen en mayor o menor cantidad del indicado ciclo.

### 3.2. *Precios en el espacio*

Si consideramos dos zonas o mercados aislados  $A_1$  y  $A_2$ , el precio

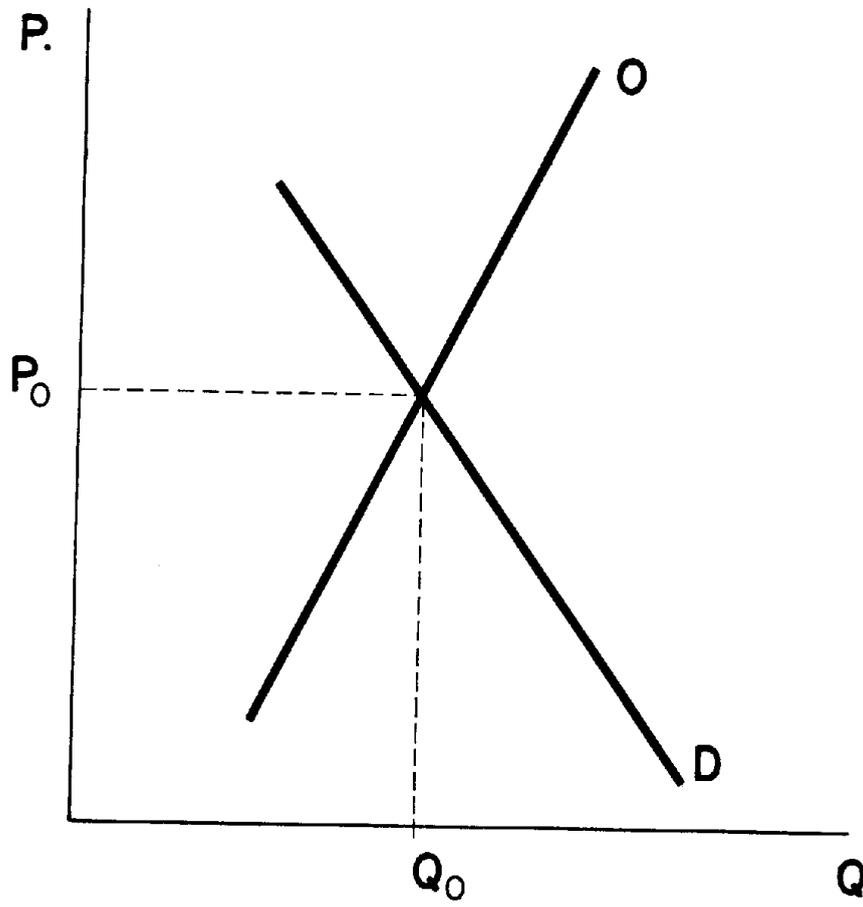


Fig nº 1

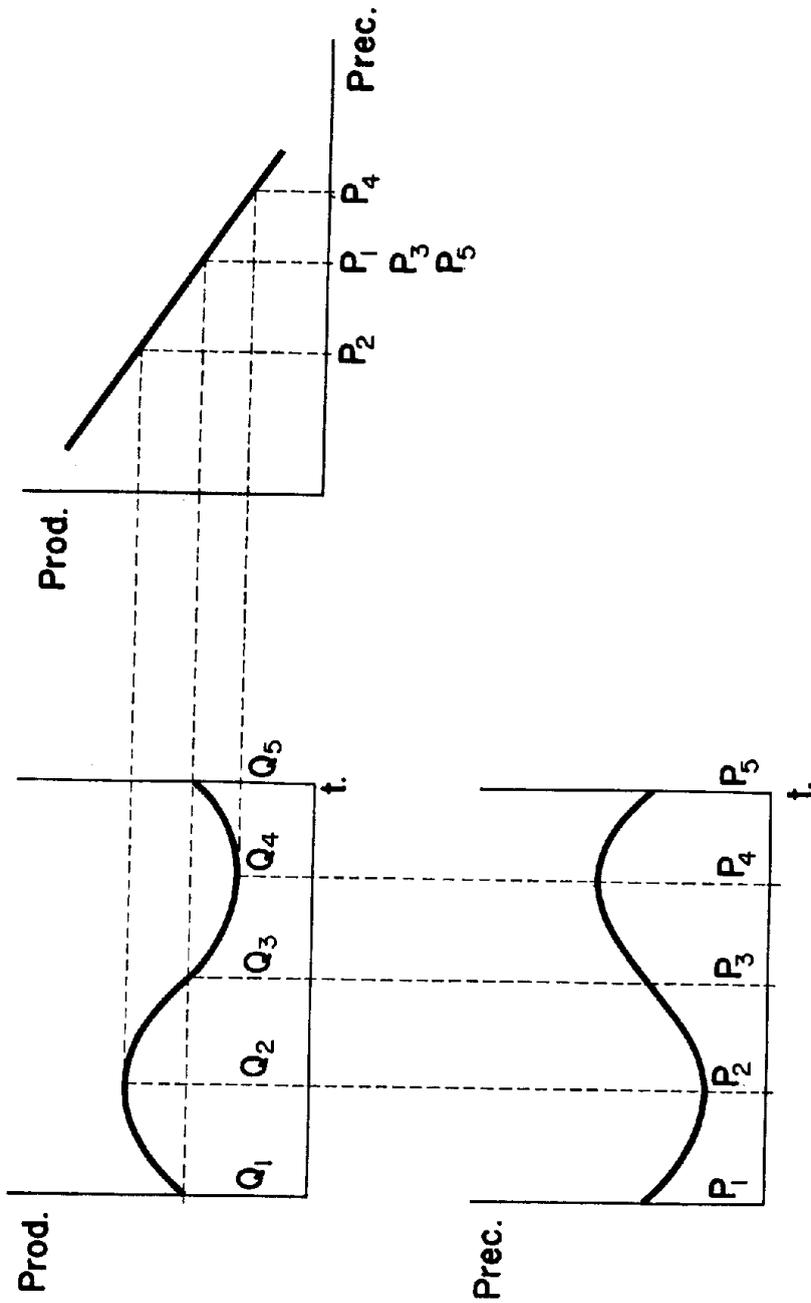


Fig. nº 2

en cada una de ellas se formará por intersección de las respectivas ofertas y demandas. Los precios serán  $P_1$  y  $P_2$  (figura núm. 3).

Ahora bien, si hay posibilidad de transporte entre los dos mercados y el coste de transporte de cada unidad es menor que la diferencia de precios se producirá una transferencia de producto desde la zona con precio más bajo hacia la zona con precio más alto, alcanzándose un nuevo equilibrio. Los nuevos precios  $P'_1$  y  $P'_2$  se establecerán a un nivel tal que:

$$P'_1 - P'_2 = t$$

La exportación de producto desde la zona  $A_2$  a la zona  $A_1$  será la cantidad  $m = n$ .

En cada una de las zonas  $A_1$  y  $A_2$  consideradas suponemos un centro de mercado. La producción está dispersa por toda la zona, de forma que el precio en cada una de las explotaciones vendrá determinado por el precio en el centro de consumo disminuido en el coste correspondiente de transporte; si suponemos, como es lógico, que el coste de transporte es creciente con la distancia, la estructura espacial de precios en cada zona vendrá determinada por una superficie en forma de cono, de manera que cuanto más alejada está la explotación, más bajo será el precio percibido por el ganadero.

En la figura 4 se indica en la parte superior una sección transversal de la indicada superficie de precios y en la parte inferior se proyecta dicha superficie en el plano, indicándose las circunferencias concéntricas a cada una de las cuales le corresponde un precio. Se ha supuesto que el producto se transporta en línea recta desde cada explotación agraria hasta el centro de consumo; la estructura será distinta en cuanto consideremos que el transporte se realiza a través de una red viaria.

Las áreas de suministro a dos mercados pueden llegar a juntarse, en cuyo caso cada mercado tendrá su área de suministro, que estarán separadas por un límite teórico tal como se indica en la figura 5. A los productores situados a la derecha de la línea límite les interesará llevar la leche al mercado  $A_2$  porque obtendrán un precio más elevado que si lo llevan al mercado  $A_1$ .

Si los precios en los dos mercados fueran iguales, el límite de las áreas de mercado sería una recta coincidente con la mediatriz del segmento  $A_1 A_2$ .

Si en lugar de existir dos mercados existiera un número mayor,

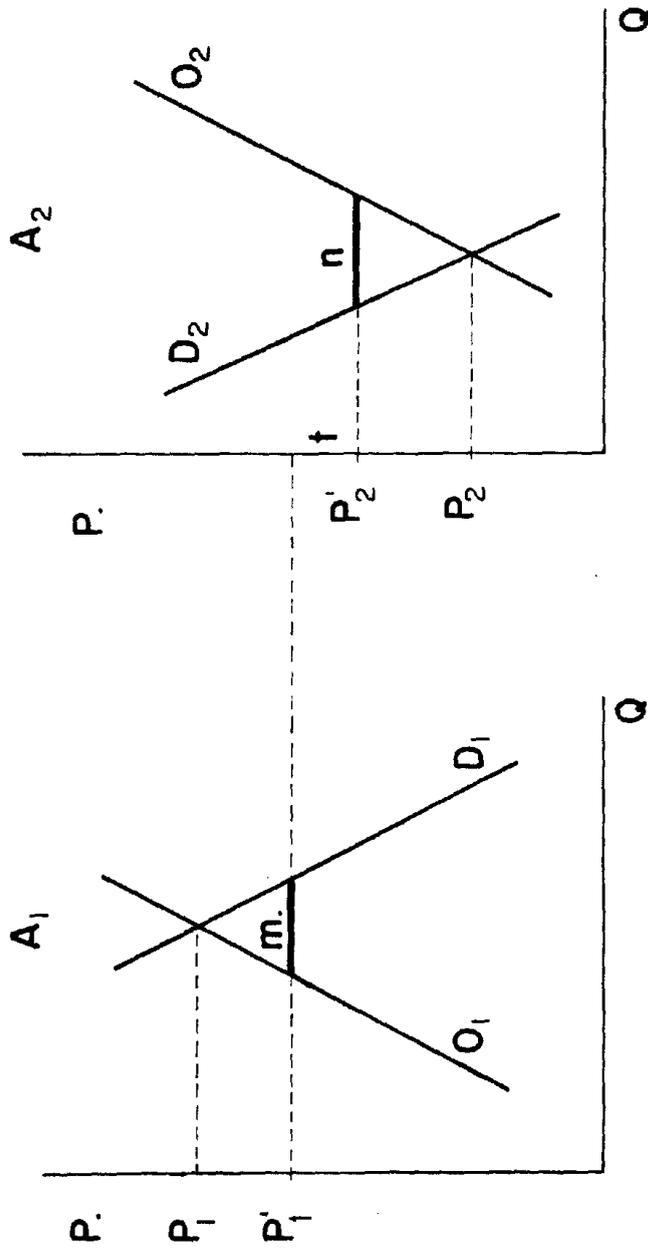


Fig. nº 3

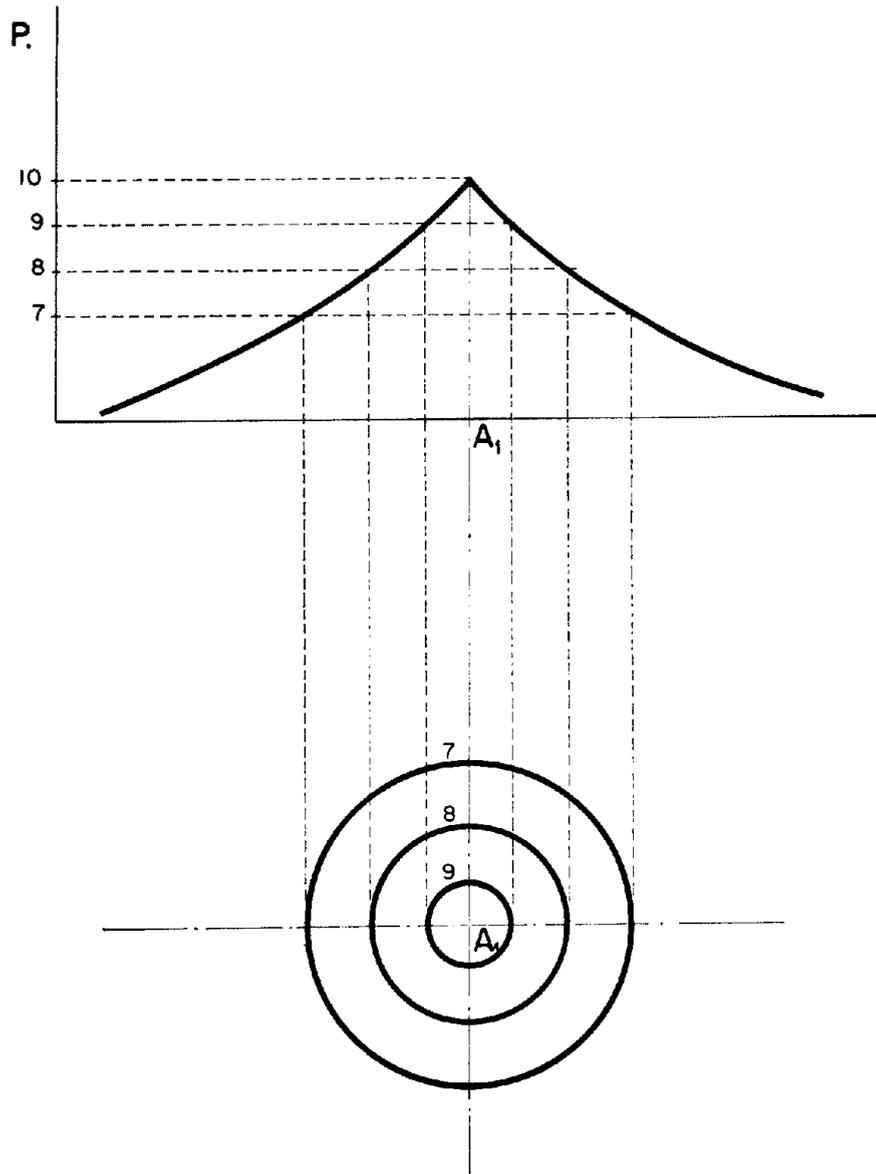


Fig. nº 4

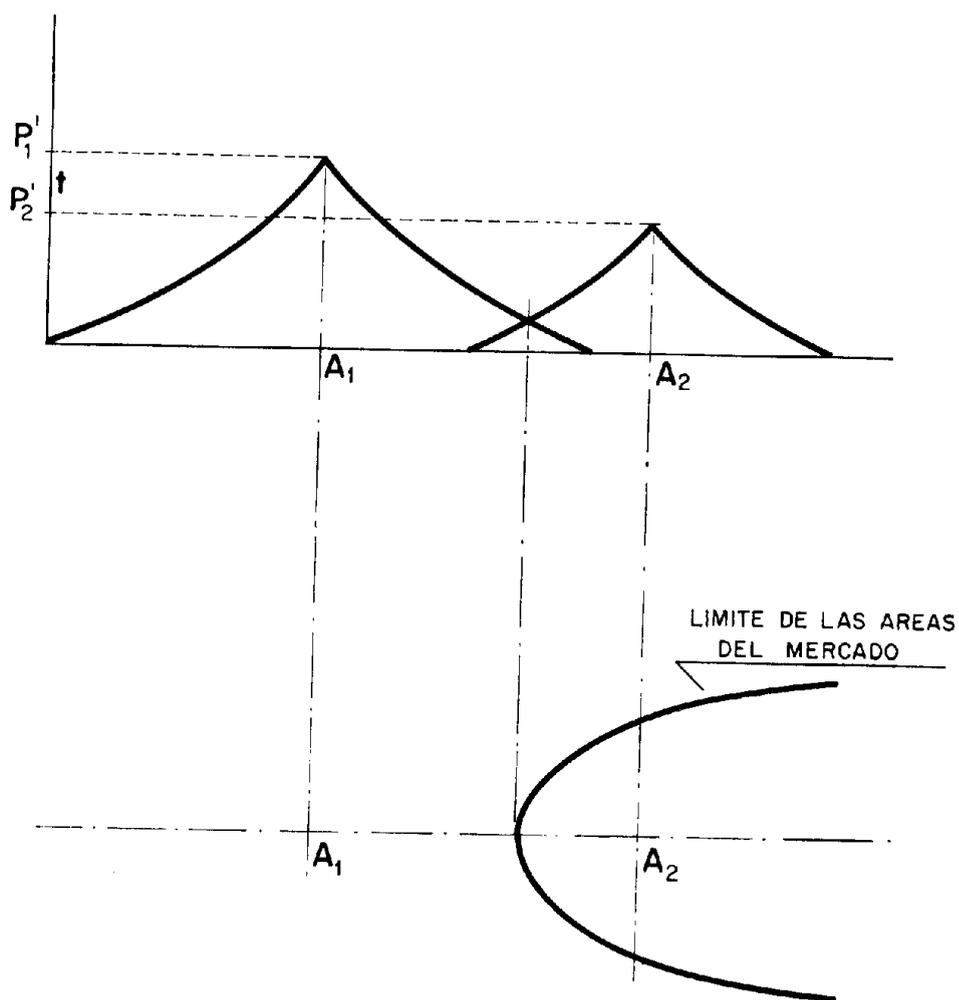


Fig. nº 5

el territorio quedaría dividido en tantas áreas como mercados, cuyas extensiones dependerían de las demandas en cada mercado y de la densidad de producción de leche en las distintas zonas.

Los precios en dos o más mercados no tienen por qué ser iguales. En efecto, si fueran iguales, el límite de las áreas de mercado sería, como se ha indicado antes, la mediatriz del segmento  $A_1 A_2$ . Si la población, la demanda per cápita o ambas magnitudes fueran, por ejemplo, mayores en  $A_1$  que en  $A_2$ , tenderían a subir los precios en  $A_1$  y a bajar en  $A_2$  hasta llegar a un equilibrio.

### 3.3. Precios en la forma

La leche puede consumirse en forma líquida (higienizada, esterilizada, etc.) o bien en forma de productos derivados (queso, mantequilla, leche condensada, etc.).

Es evidente que existirá una relación entre los precios de todos estos productos. Supongamos una materia prima  $A$  (leche) y varios productos transformados  $B_1, B_2, B_3$  (leche higienizada, esterilizada, condensada, etc.). Para producir una unidad de cada producto transformado se necesitan, respectivamente,  $n_1, n_2, n_3$  unidades de materia prima. Los costes de elaboración de cada unidad de producto elaborado son, respectivamente,  $C_1, C_2, C_3$ . Sean  $P, P_1, P_2, P_3$  los precios de la materia prima y de cada uno de los productos elaborados.

La estructura de precios será determinada por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$P_1 = n_1 P + C_1$$

$$P_2 = n_2 P + C_2$$

$$P_3 = n_3 P + C_3$$

El sistema determina un equilibrio estable; en cuanto se modifique alguna de las características del mercado se producirá un reajuste de los valores de las variables que conducirá a un nuevo equilibrio.

### 3.4. Precios mínimos y máximos

Las producciones de los productos agrarios experimentan de una a otra campaña variaciones notables en muchos casos, que dan lugar a las variaciones correspondientes en los precios. Estos llegan en algunos casos a niveles bajísimos que perjudican al agricultor, y, en otros, a niveles elevados que perjudican al consumidor.

Para eliminar todos estos inconvenientes es muy normal que, para un gran número de productos, se regulen los precios por el Estado o por determinadas organizaciones.

Aparte del sistema de precio fijo que es el utilizado normalmente en aquellos productos cuya comercialización corre a cargo del Estado, el sistema más usual es el establecimiento de precios mínimos y máximos.

Los precios mínimos se establecen a un nivel determinado en base a los costes o a los ingresos de los productores, aunque a menudo está basado en razones de tipo político.

Para que un precio mínimo sea efectivo debe intervenir en el mercado actuando sobre el producto comercializado, es decir, retirando parte del producto cuando la oferta es excesiva con objeto de que ésta no presione sobre los precios haciéndoles bajar por debajo del nivel mínimo establecido. La retirada de producto del mercado puede hacerse por distinto procedimiento: compra por el Estado, inmovilización por parte de las empresas de producción o de comercialización, fomento de las exportaciones, destrucción del producto, dedicación a otros usos, etc.

Igualmente debe actuarse sobre el producto comercializado si se quiere que el precio máximo sea efectivo. La intervención consiste en sacar más producto al mercado cuando la oferta es escasa. Para ello se suele proceder a importaciones o a sacar al mercado el producto que se tenga almacenado.

#### 4. COHERENCIA DE LA REGULACIÓN DEL MERCADO DE LA LECHE

4.1. En lo que se refiere a los precios mínimos al ganadero, la regulación actual no es suficiente para obtener una garantía total a los agricultores, por la sencilla razón de que no se interviene sobre las cantidades. Cuando se produce un excedente de leche en relación a la demanda, aunque los compradores adquieran efectivamente la leche al precio mínimo, se limitarán a adquirir la cantidad  $OA$ , quedándose sin vender la cantidad  $AB$  que los ganaderos deberán dedicar a otros usos (elaboración de queso, mantequilla, etc.).

La regulación podría mejorarse si se estableciera un precio mínimo con compra garantizada por el Estado para productos derivados, como queso, mantequilla, leche en polvo, etc., productos que permiten un almacenamiento. Este sistema es utilizado en la Comu-

nidad Económica Europea, aunque no siempre es posible con ello garantizar el precio mínimo de una forma absoluta, pues depende del peso y de la influencia que tengan estos productos derivados sobre el mercado de la leche natural.

El mantenimiento del precio máximo al consumo en la actual regulación española es más factible, ya que siempre cabe la importación de leche en épocas de escasez, con subvenciones si las diferencias de precio en relación al mercado internacional las hacen necesarias.

La existencia de precios mínimos y máximos se considera necesaria para evitar las grandes oscilaciones que se pueden producir en los precios a consecuencia de la variabilidad de la producción de unos años a otros, debida esta última a la aleatoriedad de los fenómenos meteorológicos.

4.2. En cuanto a precios en el tiempo, la regulación ha tenido en cuenta la estacionalidad de la producción y sus consecuencias sobre los precios. No obstante, la imposibilidad de variar los precios de una forma continua a lo largo del año obliga a dividir este último en períodos de mayor o menor amplitud y establecer un precio para cada uno de ellos.

La legislación española divide el año lechero en dos únicos períodos, con lo cual simplifica la regulación, aunque puede crear algunos problemas en los momentos anteriores o posteriores al paso de un precio al otro. En efecto, mientras que la producción aumenta o disminuye de una forma, en general continua, los precios experimentan una disminución o un aumento brusco.

4.3. Pasamos a analizar a continuación la coherencia de los precios en el espacio en la regulación actual de la leche de vaca.

La diferenciación de precios en el espacio se tiene que basar evidentemente en los costes de transporte desde una región a otra. De acuerdo con los aspectos teóricos analizados someramente en el punto 3.2, las fuerzas de un mercado libre (es decir, en donde actúan libremente la oferta y la demanda) determinan un equilibrio tal que el precio de un producto en una región importadora será igual al precio en la región de procedencia aumentado en los costes de transporte.

Ahora bien, en el Decreto 2478/1966 se establece que los precios mínimos se propondrán partiendo de los costes reales de pro-

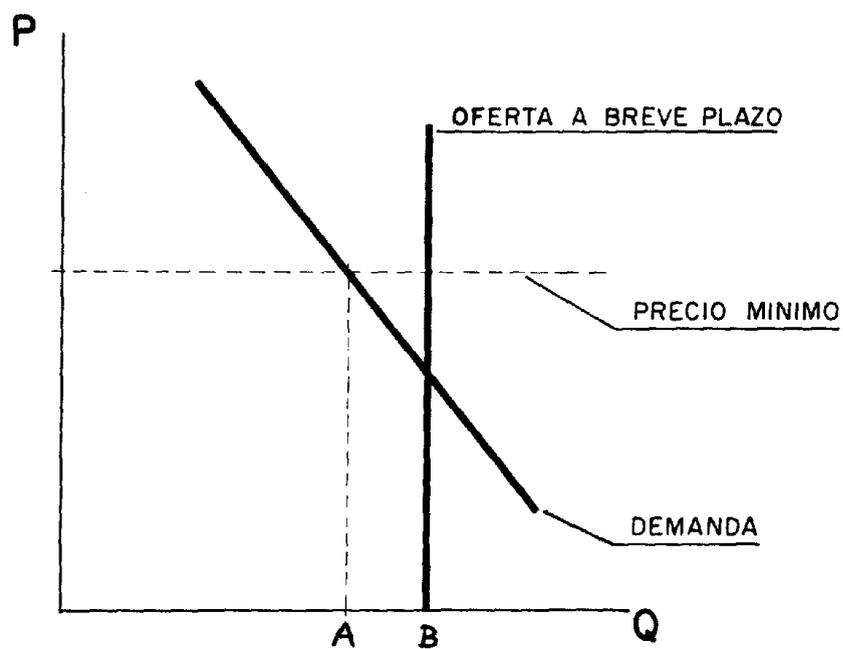


Fig nº 6

ducción y por zonas de análogas características ecológicas, edafológicas y de explotación ganadera.

Se trata de un criterio básico que condiciona de una manera total la regulación de las campañas lecheras. Pero, seguramente, este criterio ha sido establecido sin una consideración suficiente de los objetivos que se quieren alcanzar ni de las consecuencias que se derivan del mismo.

Vamos a intentar aclarar estos objetivos y estas consecuencias.

El establecimiento de «precios geográficos en función de costes de producción» no puede basarse en razones puramente económicas. La teoría de los costes comparados y la teoría del comercio internacional (aplicable, en gran parte, al comercio interregional) demuestran que cuando existen diferencias de costes (absolutos o relativos) en dos regiones o países, la existencia de comercio y la especialización total o parcial de cada uno para determinados productos mejora la situación de cada uno de ellos y del conjunto de los mismos o, dicho en otras palabras, aumenta la productividad de sus recursos.

La especialización puede venir frenada por barreras artificiales (aranceles, restricciones cuantitativas) o por barreras naturales (costes de transporte).

Los «precios geográficos basados en costes de producción» se oponen, por tanto, a la especialización de las regiones en aquellos productos para los cuales poseen ventajas comparativas. Si los costes de producción de un determinado producto en una región son más elevados que en otra será conveniente, sin ninguna duda, que la primera deje de producir dicho producto y se abastezca de la segunda; los recursos de la primera región podrán dedicarse posiblemente a otros productos.

En caso contrario se están favoreciendo producciones antieconómicas.

Como se indicaba anteriormente, los precios geográficos deben existir por razones económicas únicamente en base a los costes de transporte desde las regiones exportadoras a las regiones importadoras.

La existencia de «precios geográficos basados en costes de producción» en un mercado en el cual la mercancía se mueve libremente, creará problemas en cuanto las diferencias de costes de pro-

ducción entre dos regiones no tienen por qué coincidir con los costes de transporte entre ellos.

Por otra parte, conviene insistir en que el coste de producción es un concepto relativo, ya que depende de la valoración de los distintos medios de producción.

Este aspecto tiene especial interés en lo que se refiere a la renta de la tierra, la cual depende del conjunto de los precios de los distintos productos. Por tanto, el cálculo del precio de la leche, a partir de los costes de producción, entre los cuales está la renta de la tierra, no es correcto en el plano teórico porque se puede utilizar para esta última un valor que no es el que debería ser.

A este punto interesa recordar que el criterio de precios geográficos en función de los costes de producción no existe en nuestro país para ningún otro producto. En la regulación del trigo se han introducido por primera vez precios geográficos en la campaña 1971-72, pero se basan únicamente en los costes de transporte. Para otros productos existe en la realidad una diferenciación en los precios de regulación para distintas regiones, pero ello es debido a la distinta calidad de los productos; es el caso del aceite que tiene un precio más elevado en Lérida o en Zaragoza que en Andalucía, en razón a que la calidad es mayor en aquéllas; también puede considerarse el caso del trigo, ya que en algunas regiones se produce predominantemente un determinado tipo que, al poseer una determinada calidad, tiene un precio mayor al de otros tipos con menor calidad; también puede considerarse esta diferenciación en el ganado de cerda por los diferentes precios que tienen el cerdo ibérico y el blanco. Pero en todos estos casos las razones de diferenciación de precios vienen determinadas por el mercado. De una forma indirecta puede existir una cierta correlación entre precios y costes de producción cuando estos últimos aumentan con la calidad del producto, pero se trata de una correlación indirecta.

Existen otras razones, además de las razones de mercado, que pueden determinar la conveniencia de los precios geográficos. Una de ellas es la que podemos llamar «razón económica a largo plazo». Se trata de que en una región que posee condiciones para dedicarse a una determinada actividad agraria, esta última no se ha desarrollado por falta de capacidad empresarial, por desconocimiento de las posibilidades o por cualquier otra causa; el desarrollo de esta actividad exige en un comienzo que se realice a costes elevados por ausencia de determinadas características, como mano de obra espe-

cializada, formación empresarial, infraestructura, etc. En estos casos puede ser conveniente para facilitar el despegue de la indicada actividad concederle una protección especial durante un cierto período con objeto de permitirle rebajar sus costes sin tener que luchar con la competencia de otras regiones que, por haber desarrollado dicha actividad en época anterior, ya disponen de esta organización que les permite producir a menor coste.

Por último, hay que considerar las razones de tipo social o político. Entre ellas podemos considerar la conveniencia de mantener una determinada actividad en una región en función de una política de rentas de un grupo social o con el fin de evitar la emigración de la población. Las razones de tipo social o político pueden ser muy variadas, por lo que no las vamos a describir.

Las razones de tipo social o político están, en definitiva, por encima de las razones económicas a breve plazo y lo mismo ocurre con las razones económicas a largo plazo.

La falta de consideración de todas estas razones ha determinado que los precios diferenciales, según zonas lecheras, no hayan conseguido un equilibrio. Así lo demuestra la modificación de la delimitación de zonas que se ha venido realizando en todos estos últimos años respecto a la delimitación existente en cada año anterior.

Es interesante, no obstante, observar la delimitación de las zonas lecheras, para lo cual nos son útiles los mapas adjuntos.

En la campaña 1967-68, primera en la que rige el actual sistema de regulación, ya se observa que el criterio de los costes de producción no se ha seguido de una forma absoluta, puesto que para Madrid y Barcelona se establecen unos precios más elevados que para las provincias colindantes, lo cual se ha basado sin duda en la fuerte demanda en ambos centros de consumo, que al tener que ser abastecida en gran parte por otras provincias se deben tener en cuenta los costes de transporte.

En la campaña 1968-69 se establece una modificación, consistente en unificar las anteriores zonas IV y V.

En la campaña 1969-70 se observan dos modificaciones importantes. Por una parte se establece para la provincia de Málaga un precio más elevado que para las provincias colindantes; la razón es que Málaga es deficitaria y su consumo debe ser atendido en parte por leche procedente de otras provincias. La otra modificación corresponde a la provincia de Gerona, para la cual se establece

un precio análogo al de Barcelona; la razón es que la diferencia de precios establecida en la campaña anterior entre las dos provincias era superior al coste de transporte desde Gerona a Barcelona; la consecuencia fue que la provincia de Gerona estaba desabastecida, ya que a los productores de leche les interesaba más su envío a Barcelona.

En la campaña 1970-71 y 1971-72 se abandonan de nuevo los precios especiales para Barcelona y Málaga, pero vuelven a establecerse en la campaña 1972-73.

Por otra parte en la campaña 1970-71, para las provincias colindantes de Madrid se establece un precio algo más elevado que en las restantes, quedando una especie de zonas concéntricas parecidas a los círculos teóricos analizados en el punto 3.2.

Si representamos la estructura de precios en un espacio de tres dimensiones constituido por la superficie terrestre y como ordenados los precios, obtendríamos una superficie constituida por planos horizontales con tres vértices correspondientes a las provincias de Madrid, Barcelona y Málaga. En la figura 7 se indican algunas secciones de estas superficies.

Parece, por tanto, que aunque persiste en pequeña parte el criterio de costes de producción, sobre éste ha dominado el criterio comercial basado en costes de transporte o de comercialización.

En la segunda parte del presente trabajo se estudia el establecimiento de precios geográficos óptimos.

4.4. Otro aspecto importante de la regulación del mercado de la leche es el relativo a los precios establecidos para las distintas utilidades de la leche.

Como se ha indicado anteriormente, las disposiciones oficiales establecen precios mínimos al ganadero distintos según la leche se destine a industrialización o que se destine a higienización o esterilización.

El precio mínimo para la leche destinada a industrialización es único para todo el país, mientras que el precio mínimo para la leche destinada a higienización o esterilización varía según las regiones.

Ello determina que en la mayor parte de las regiones existan dos precios para un mismo producto, es decir, la leche natural. Así, por ejemplo, para el primer período del año lechero 1972-73, en la zona V, el precio mínimo de la leche destinada a industrialización es de 7,50 pesetas/litro, mientras que el precio mínimo para la leche

SECCIONES DE LA SUPERFICIE DE PRECIOS 1972-1973

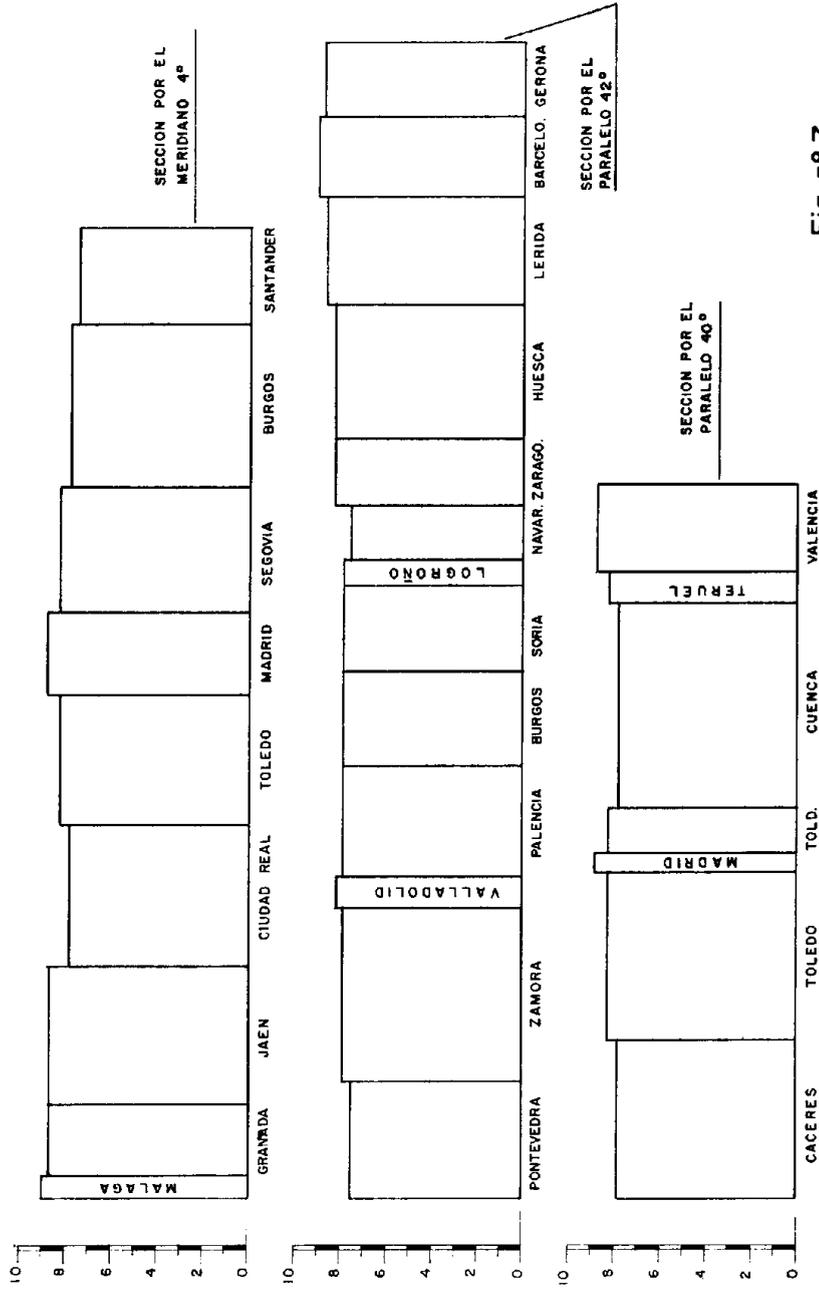


Fig. nº 7

destinada a higienización y esterilización es de 9,75 pesetas/litro. Ello conduce, evidentemente, a una anomalía que puede ser disminuida por el hecho de que los precios de intervención son precios mínimos y no precios de mercado. Dado que el precio mínimo de la leche destinada a higienización y esterilización es más bajo que el de la leche destinada a industrialización, lo lógico es que el precio de mercado de esta última se iguale o, por lo menos, se aproxime al precio de mercado de la primera, con lo cual el precio mínimo para la leche destinada a industrialización no tiene ninguna influencia sobre el mercado.

En algunos casos, no obstante, en que existan monopolios zonales a favor de alguna industria, posibles por el aislamiento de dichas zonas, los agricultores de estas últimas pueden resultar perjudicados si la industria monopolista de demanda puede aprovecharse de la situación y abonar a los ganaderos exclusivamente el precio mínimo.

4.5. Por último, una consideración final sobre un aspecto general de la regulación del mercado de la leche.

El mercado de la leche, igual que el de cualquier otro producto agrario, puede dejarse libre, sin ningún tipo de actuación. Ahora bien, las características de la leche y la experiencia en España y otros países demuestran que si se deja el mercado a la libre acción de la oferta y la demanda, pueden producirse fuertes desequilibrios, que son perjudiciales para una organización eficiente de la producción.

La principal intervención es la que tiende a conseguir una cierta regularidad en los precios, evitando grandes oscilaciones. En este sentido sería suficiente el establecimiento de precios mínimos al ganadero y precios máximos al consumidor, garantizados por un sistema de compras y de importaciones de leche natural o de productos transformados. Se trataría de un precio mínimo único para todo el país, con libertad de instalación y funcionamiento para las empresas manipuladoras y transformadoras, así como libertad de compra de materia prima (leche natural) y libertad de venta de producto transformado. Los precios se formarían por acción de las fuerzas del mercado de forma que los precios al ganadero diferirían para cada región en función de los costes de transporte. Los precios al consumidor diferirían entre sí, asimismo, en los costes de transporte y estarían relacionados con los precios al ganadero a través de los costes de transformación. El mercado sería libre, limitándose la intervención

a los momentos en que, por razones coyunturales, se produjeran excedentes o déficits.

Se trataría de establecer unos niveles de precios acordes con la realidad, de forma que el libre juego de la oferta y la demanda fuera real y que la intervención se limitara exclusivamente a los períodos de déficit o de excedente, evitando que, por establecimiento de unos niveles excesivos de precios o de unos niveles exageradamente bajos, la intervención tuviese que actuar en todo momento, en cuyo caso esta estructura no sería válida.

Este plan de intervención, llamémosle «marginal», en el mercado es compatible con la protección con objetivos económicos a largo plazo, sociales o políticos a un determinado grupo de personas relacionadas con el sector. La protección puede realizarse por medio de subvenciones a la producción o a través de una intervención más profunda en la parte correspondiente del sector lácteo.

Pero este sistema de intervención marginal del mercado que es el establecido para muchos productos en gran número de países, puede que no sea el más adecuado para el sector de la leche y los productos lácteos en nuestro país.

Si se considera que el libre juego de la oferta y la demanda no es capaz de conseguir un mercado eficiente con los precios adecuados en el espacio, el tiempo y la forma, interesará ir a una intervención más profunda, en la cual exista un control sobre compras, ventas, movimiento de mercancías y precios mínimos, máximos o reales en las distintas regiones.

La regulación española de la leche puede considerarse del segundo tipo, ya que existen precios mínimos al ganadero de la leche natural y máximos al consumidor de la leche higienizada por regiones, y existe un control de las centrales lecheras, productoras de leche higienizada o esterilizada con intervención en su instalación y en la producción y venta de leche higienizada. Por el contrario, existe libertad en lo que se refiere a las compras de materia prima para los distintos usos y a las ventas de leche esterilizada y de otros productos derivados.

Es lógico que en un mercado no totalmente intervenido se produzcan desequilibrios en algunos momentos, y así ocurre en el caso del mercado español de la leche, ya que es difícil prever con exactitud todas las variables que intervienen.

Una última alternativa consistiría en la intervención total del

mercado de la leche o, por lo menos, de lo que se refiere a la leche higienizada y esterilizada. Esta intervención total consistiría en la nacionalización de la compra, la transformación y la distribución de la leche líquida, o bien la concesión a empresas con un control total por parte del Estado. Los dos extremos del circuito de comercialización, es decir, la producción de leche natural y la venta al por menor de leche líquida podrían quedar al margen de la nacionalización o del control total por parte del Estado.

De esta forma, al ser la comercialización de la leche líquida dependiente de un único centro de decisión, se podrían disminuir gran parte de los desequilibrios, aunque, evidentemente, no se podrían eliminar totalmente.

En los párrafos anteriores se han establecido, por tanto, las siguientes alternativas:

- a) *Mercado totalmente libre.*
- b) *Mercado libre con precios mínimos y máximos.*
- c) *Intervención parcial.*
- d) *Intervención total.*

Dichas alternativas se refieren, fundamentalmente, a la leche que va destinada a su transformación y distribución en forma de leche higienizada o esterilizada, refiriéndose solamente de una forma marginal a los restantes productos derivados.

En relación a las cuatro alternativas, se puede descartar, en un principio, la primera, ya que es evidente que es preciso, por lo menos, una intervención que evite las grandes oscilaciones de precios.

No existen suficientes elementos de juicio para decidir entre las tres últimas alternativas, dada la falta de experiencia, pues en la realidad española únicamente existe la experiencia de la alternativa c), que es la actualmente en vigor. Por otra parte, dentro de cada una de ellas, existe un gran número de posibilidades en cuanto que la intervención de cada aspecto del mercado puede hacerse de muchas formas distintas.

Ahora bien, en cuanto a la decisión relativa a cual de los sistemas es el más conveniente, se trata más bien de una decisión de tipo político que no puede basarse, en ningún caso, en criterios exclusivamente económicos.

## II. CALCULO DE PRECIOS GEOGRAFICOS OPTIMOS

### 5. MODELOS APLICABLES AL SECTOR DE PRODUCTOS LÁCTEOS

Se trata de plantear un modelo matemático que nos permita determinar el valor óptimo de los precios y de las cantidades a producir, transformar y distribuir. Para ello será necesario establecer los criterios en base a los cuales poder plantear una función a optimizar. Además de la función objetivo, existirán una serie de restricciones.

La primera simplificación a hacer, para que el modelo tenga un número finito de variables, será fijar un número finito de puntos en donde se produce, se transforma y se consume la leche y sus productos derivados. La simplificación adoptada en lo sucesivo consiste en considerar cada provincia como un punto, de forma que tenemos, como máximo, 50 puntos de producción, transformación y consumo.

Esta simplificación da lugar a que los resultados que se obtengan de la resolución del modelo o de los modelos se referirán únicamente a datos provinciales.

El hecho de considerar a la provincia como unidad de producción, transformación y consumo es principalmente por razones de tipo práctico, ya que las estadísticas disponibles, en su mayor parte, llegan a este nivel. No es la división perfecta, ya que, en general, las provincias españolas no coinciden con comarcas homogéneas.

Por otra parte, se puede considerar que al trabajar con unidades provinciales se consigue un nivel suficiente de desagregación.

Se podría plantear un modelo matemático que intentara ordenar todo el sector lácteo, incluyendo como incógnitas los niveles de producción y de consumo en cada provincia, la localización de la transformación, los flujos entre las distintas provincias y los precios.

Para ello sería necesaria la siguiente información:

- Funciones provinciales de demanda dependientes de los precios de productos lácteos y de otras variables exógenas (precios de otros productos, rentas, etc.).

- Funciones provinciales de oferta dependientes de los precios y de otras variables exógenas o bien costes provinciales de producción de leche.
- Costes de transporte de leche natural y de productos derivados.
- Costes de transformación en las distintas provincias.

El modelo podría plantearse de forma que se maximizaran los ingresos globales de todos los agricultores de todas las provincias disminuidos en los costes de transformación y de transporte.

El modelo se completaría con una serie de restricciones relativas a demanda, oferta y flujos.

Se trataría de un modelo a largo plazo que nos daría una solución total a la problemática del sector. Ahora bien, aparte de la dificultad en la resolución de un modelo tan complejo, es de destacar la dificultad de obtener toda la información necesaria. Este tipo de modelo, que ha sido estudiado por distintos investigadores, no ha conseguido, hasta el momento, aplicarse de una forma práctica.

En los capítulos sucesivos veremos otros modelos más sencillos, aunque también menos ambiciosos.

## 6. MODELO I

El primer modelo se basa en las siguientes hipótesis:

a) Se parte de una oferta fija en cada provincia, por lo que se trata de un modelo de breve período. Sin embargo, el modelo puede aplicarse a períodos futuros, siempre que se realice una investigación previa relativa a previsiones de oferta.

b) La oferta de leche en cada provincia está constituida por tres ofertas parciales:

- La leche consumida en forma natural. Se trata de leche que se consume, en general, en la misma provincia y, sobre todo, en cada municipio. Ha sido excluida del modelo.
- La leche destinada a productos lácteos distintos de la leche higienizada y esterilizada. También se excluye del modelo.
- La leche destinada a higienización y esterilización. Es la que se tiene en cuenta en el modelo y que se considera, asimismo, fija en cada provincia.

c) También se considera fija la demanda de leche líquida (higienizada + esterilizada) en cada provincia. Igual que para la ofer-

ta, puede hacerse una previsión de la demanda en un período futuro.

El hecho de considerar una demanda única para leche higienizada y para leche esterilizada, implica la consideración de estos dos productos como perfectamente sustitutivos. Por otra parte, se considera constante la suma de todas las demandas provinciales de leche higienizada y la suma de todas las demandas de leche esterilizada.

d) Se consideran costes fijos de transformación para cada provincia, es decir, costes independientes del volumen transformado en cada provincia.

e) Se consideran costes fijos de transportes para los envíos de leche natural, higienizada y esterilizada de cada provincia a cada una de las restantes. Es decir, que los costes de transporte son independientes del volumen transportado. Por el contrario, el coste de transporte será función de la distancia.

f) Una hipótesis que incluimos y que generaliza el modelo es que la leche producida en una provincia puede ser transformada en cualquier otra provincia en leche higienizada o esterilizada y consumida en una tercera.

Veamos a continuación el modelo:

Sean 50 provincias que se indican con los subíndices  $i, j, k$ .

Se plantean las siguientes variables:

$X_{ij}$  = Leche natural producida en la provincia  $i$  y transformada en leche higienizada o esterilizada en la provincia  $j$ .

$X_{Hj}$  = Leche natural transformada en leche higienizada en la provincia  $j$ .

$X_{Ej}$  = Leche natural transformada en leche esterilizada en la provincia  $j$ .

$X_{Hjk}$  = Leche higienizada en la provincia  $j$  y consumida en la provincia  $k$ .

$X_{Ejk}$  = Leche esterilizada en la provincia  $j$  y consumida en la provincia  $k$ .

Se establecen los siguientes *parámetros*:

$S_i$  = Producción de leche natural de la provincia  $i$  destinada a higienización o esterilización (en la misma provincia o en otras).

$D_K$  = Consumo de leche higienizada y esterilizada en la provincia  $k$ .

$D_H$  = Consumo de leche higienizada en todo el país.

$D_E$  = Consumo de leche esterilizada en todo el país.

- $C_{Hj}$  = Coste de transformación de un litro de leche natural en un litro de leche higienizada en la provincia  $j$ .  
 $C_{Ej}$  = Coste de transformación de un litro de leche natural en leche esterilizada en la provincia  $k$ .  
 $t_{Lij}$  = Coste de transporte de un litro de leche natural desde la provincia  $i$  a la provincia  $j$ . Se supone que:  
 $t_{Lij} = 0$  cuando  $i = j$ .  
 $t_{Hjk}$  = Coste de transporte de un litro de leche higienizada desde la provincia  $j$  a la provincia  $k$ . Se supone que:  
 $t_{Hjk} = 0$  cuando  $j = k$ .  
 $t_{Ejk}$  = Coste de transporte de un litro de leche esterilizada desde la provincia  $j$  a la provincia  $k$ . Se supone que:  
 $t_{Ejk} = 0$  cuando  $j = k$ .  
 Por otra parte:  
 $P_{Li}$  = Precio al ganadero de un litro de leche natural en la provincia  $i$  sobre muelle central lechera.  
 $P_{Hk}$  = Precio al consumidor de un litro de leche higienizada en la provincia  $k$  sobre muelle central lechera.  
 $P_{EN}$  = Precio al consumidor de un litro de leche esterilizada en la provincia  $k$  sobre muelle central lechera.

La función objetivo a minimizar será la siguiente:

$$\text{Min } \sum_i \sum_j X_{ij} t_{Lij} + \sum_j X_{Hj} C_{Hj} + \sum_j X_{Ej} C_{Ej} + \sum_j \sum_k X_{Hjk} t_{Hjk} + \sum_j \sum_k X_{Ejk} t_{Ejk} \quad [1]$$

con las restricciones siguientes:

$$\begin{aligned} X_{Hj} + X_{Ej} &= \sum_i X_{ij} & j &= 1, 2 \dots 50 & [2] \\ X_{Hj} &= \sum_k X_{Hjk} & j &= 1, 2 \dots 50 & [3] \\ X_{Ej} &= \sum_k X_{Ejk} & j &= 1, 2 \dots 50 & [4] \\ \sum_j X_{ij} &= S_i & i &= 1, 2 \dots 50 & [5] \\ \sum_j X_{Hjk} + X_{Ejk} &= D_k & k &= 1, 2 \dots 50 & [6] \\ \sum_j \sum_k X_{Hjk} &= D_H & & & [7] \\ \sum_j \sum_k X_{Ejk} &= D_E & & & [8] \end{aligned}$$

En la función objetivo a minimizar [1], el primer sumando representa la suma de los costos de transporte de la leche natural desde las provincias de producción a las provincias transformadoras; el segundo y tercer sumando representan, respectivamente, las sumas de los costes de transformación en leche higienizada y esterilizada; el cuarto y el quinto sumando representan los costes de transporte de leche higienizada y esterilizada, respectivamente.

Las restricciones [2] indican que la leche transformada (en leche higienizada y esterilizada) en la provincia  $j$  es igual a la suma de la leche recibida de las distintas provincias de origen.

Las restricciones [3] indican que la leche higienizada en la provincia  $j$  es igual a la suma de los volúmenes enviados a las distintas provincias de destino. Las restricciones [4] indican lo mismo para la leche esterilizada.

Las [5] indican que la oferta de leche natural en la provincia  $i$  es igual a la suma de la leche enviada a las distintas provincias transformadoras.

Las [6] indican que la suma de las partidas enviadas a provincia  $k$  es igual a la demanda en la misma.

Las [7] y [8], por último, se refieren a la demanda de leche higienizada y esterilizada en todo el país. Estas restricciones pueden establecerse de una forma alternativa a las [6] o simultáneamente a las mismas, en cuyo caso  $\sum_k D_k = D_H + D_E$ .

El número de variables se indica en el cuadro siguiente:

<i>Grupo de variables</i>	<i>Número de variables</i>
$X_{ij}$ ... .. .	$50 \times 50 = 2.500$
$X_{Hj}$ ... .. .	50
$X_{Ej}$ ... .. .	50
$X_{Hjk}$ ... .. .	$50 \times 50 = 2.500$
$X_{Ejk}$ ... .. .	$50 \times 50 = 2.500$
<b>TOTAL</b> ... .. .	<b>7.600</b>

El número de restricciones se indica en el cuadro siguiente:

<i>Grupo de restricciones</i>	<i>Número de restricciones</i>
[2] ... .. .	50
[3] ... .. .	50
[4] ... .. .	50
[5] ... .. .	50
[6] ... .. .	50
[7] ... .. .	1
[8] ... .. .	1
<b>TOTAL</b> ... .. .	<b>252</b>

Se pueden añadir restricciones de tipo limitativo de la cantidad higienizada y transformada en cada provincia, es decir:

$$\left. \begin{array}{l} X_{Hj} \cong K_{Hj} \\ X_{Ej} \cong K_{Ej} \end{array} \right\} \begin{array}{l} j = 1, 2 \dots k \\ j = 1, 2 \dots k \end{array} \quad [9]$$

El número de restricciones del grupo [9] asciende como máximo a 100.

Hay que añadir naturalmente las restricciones de no negatividad, que serían tantas como incógnitas, es decir, 7.600.

El número total de restricciones, incluidas las de no negatividad, asciende, por tanto, a 7.952 como máximo.

La resolución del modelo nos daría los flujos óptimos de leche natural, higienizada y estéril a mover entre las provincias, así como la cantidad a transformar en cada una de ellas. Por otra parte, a partir de estos flujos se obtendrían los precios relativos, en consumo y en producción, de la leche en cada una de las provincias.

Si de la resolución del modelo resulta que una provincia  $i$  envía leche natural a la provincia  $j$  y ésta envía leche higienizada a la provincia  $k$ , el equilibrio correspondiente a la distribución óptima de los flujos determina que el precio al consumo de la leche higienizada en  $k$  sea igual al precio en producción en la provincia  $i$ , aumentando en el coste de transporte de leche natural desde  $i$  a  $j$ , en el coste de transformación en  $j$  y en el coste de transporte de leche higienizada desde  $j$  a  $k$ . A su vez, el precio de la leche natural en  $j$  deberá ser igual al precio de la leche natural en  $i$  aumentada en el coste de transporte, y el precio de la leche higienizada en  $k$  será igual al precio de la misma en  $j$  aumentada en el coste de transporte correspondiente.

Si una provincia excedentaria no debe enviar producto, por ejemplo leche natural a una provincia deficitaria, el precio en la primera de ellas aumentado en el coste de transporte deberá ser mayor o, a lo sumo, igual al precio en la provincia deficitaria, ya que de lo contrario interesaría enviar producto.

Insistimos en que tal como está planteado el modelo, la resolución del mismo nos suministra únicamente las diferencias relativas de precios entre las distintas provincias y no el valor absoluto de los mismos.

La aplicación del modelo que se acaba de plantear tropieza con una serie de dificultades de tipo estadístico difíciles de superar.

El consumo provincial de leche higienizada se puede estimar a

partir de la producción de las centrales lecheras situadas en cada provincia, ya que el movimiento interprovincial de este producto es de escasa consideración. Por el contrario, el consumo de leche estéril en cada provincia se desconoce, ya que se trata de un producto industrial con marca sobre el cual no existen datos relativos al movimiento de mercancías.

## 7. MODELO II

Como consecuencia de la dificultad de aplicar el modelo anterior se plantea a continuación un nuevo modelo basado en las siguientes hipótesis:

a) Se parte de una oferta fija en cada provincia de leche natural destinada a higienización o esterilización. Esta hipótesis es similar a la establecida en el modelo I.

b) Se supone que la leche natural es transformada en leche higienizada únicamente en las provincias de destino. Por el contrario, se supone que la leche esterilizada puede transformarse en cualquier provincia distinta a las de destino.

c) Se parte de una demanda fija de leche en cada provincia, pero en lugar de considerarse la demanda a nivel de consumidor se considera a nivel de industrias transformadoras de leche higienizada y estéril.

d) De acuerdo con las hipótesis anteriores, los únicos movimientos de mercancía que entran en el modelo son los de leche natural. En el modelo se consideran en lugar de las ofertas y demandas provinciales de leche natural, los excedentes y los déficits de cada provincia. El modelo es, por tanto, más restrictivo que el anterior, ya que se considera fijo el volumen de transformación en cada provincia.

e) En el coste de transporte de leche natural desde provincias excedentarias a provincias deficitarias se incluye el coste de enfriamiento.

f) A partir de los flujos óptimos que resulten de la resolución del modelo se obtienen los siguientes precios de la leche natural:

En provincias excedentarias se trata de precios al ganadero de leche natural situada sobre muelle de industria de origen.

En provincias deficitarias se trata de precios de leche natural situada sobre muelle de industria. Estos últimos corresponden a la

leche proveniente de provincias excedentarias y equivale al precio al ganadero de la provincia correspondiente.

A partir de los precios anteriores se pueden obtener los precios al ganadero en origen descontándole los costes de recogida y transporte de finca a fábrica, los precios de leche higienizada sobre muelle, los precios sobre despacho y los precios al público en despacho, sumándole los márgenes de transformación y distribución.

El modelo se plantea de la siguiente forma:

Sean  $i = 1, 2 \dots n$  las provincias excedentarias y  $j = 1, 2 \dots m$  las provincias deficitarias.

#### *Variables*

$x_{ij}$  = Cantidad óptima de leche transportada de la provincia excedentaria  $i$  a la provincia deficitaria  $j$ .

$P_i$  = Precio de compra al ganadero de leche natural sobre muelle de industria en provincia excedentaria.

$P_j$  = Precio de leche natural procedente de provincias excedentarias sobre muelle de industria en provincia deficitaria (equivale a precio al ganadero de la provincia).

#### *Parámetros*

$S_i$  = Excedente de leche natural (para higienización y esterilización) en la provincia  $i$ .

$D_j$  = Déficit de leche natural (para higienización y esterilización) en la provincia  $j$ .

$t_{ij}$  = Coste de transporte de una unidad de leche natural desde la provincia  $i$  a la provincia  $j$ .

#### *Función objetivo*

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} t_{ij} \quad [10]$$

#### *Restricciones*

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = S_i \quad i = 1, 2 \dots n \quad [11]$$

$$\sum_1^n x_{ij} = D_j \quad j = 1, 2 \dots m \quad [12]$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1 \dots n \\ j = 1 \dots m \end{array} \right. \quad [13]$$

En la función objetivo a minimizar [10] se incluye únicamente el valor total del coste de transporte de la leche natural.

Las restricciones [11] indican que la suma de los envíos de la provincia  $i$  a todas las provincias deficitarias debe ser igual al excedente propio. Las restricciones [12] por su parte indican que la suma de las cantidades recibidas en la provincia  $j$  procedentes de todas las provincias excedentarias debe ser igual al déficit propio.

Vemos que el modelo ha quedado reducido a un simple modelo de transporte con un número de variables igual a  $m \times n$  y con  $m + n$  restricciones, además de las de no negatividad.

### 8. PRIMERA APLICACIÓN DEL MODELO II

Se trata de aplicar el segundo modelo a la situación española con objeto de determinar los flujos óptimos de leche natural y en función de los mismos estimar las diferencias óptimas de precios para cada provincia.

La principal dificultad para la aplicación del modelo  $\Pi$  sigue siendo la falta de datos estadísticos fidedignos. No obstante, a partir de informaciones relativas a producción provincial de leche, a destino de la misma y a cantidades industrializadas, se han estimado unas cifras indicativas de los excedentes y déficit de leche natural en cada provincia. Se recuerda que estas cifras se refieren exclusivamente a la *leche natural destinada a su esterilización o higienización*, quedando excluida la leche natural consumida directamente y la leche natural destinada a la elaboración de otros productos lácteos.

Para cada provincia la cifra correspondiente al excedente o déficit se ha calculado de la siguiente forma:

- Producción total provincial
- menos leche natural consumida directamente
- menos leche destinada a la fabricación de otros productos lácteos
- menos leche esterilizada o higienizada en las centrales lecheras de la provincia.



mismo el coste de vuelta. Para recorridos largos, se ha añadido, además, el coste de enfriamiento de la leche en central de provincia de origen, que se ha estimado en 0,35 pesetas litro. Para recorridos cortos, se ha considerado que la central de provincia de destino recoge la leche directamente en explotaciones agrarias o en centros de recogida, ahorrándose el coste de enfriamiento. Se han considerado como recorridos cortos los siguientes:

Segovia-Madrid, Avila-Madrid, Toledo-Madrid, Guadalajara-Madrid, Vizcaya-Guipúzcoa.

Las funciones de transporte de la leche natural son, por tanto, los siguientes:

$$\text{Recorrido largo: } T_{ij} = 0,35 + 0,0017 D_{ij}.$$

$$\text{Recorrido corto: } T_{ij} = 0,0017 D_{ij}.$$

Siendo  $T_{ij}$  = coste de transporte en pesetas por litro de leche desde la provincia  $i$  a la provincia  $j$ .

$D_{ij}$  = distancia en kilómetros de la provincia  $i$  a la provincia  $j$ .

Para cada recorrido se ha calculado el coste de transporte a partir de la distancia en kilómetros entre las capitales de provincia.

El programa ha sido resuelto con el ordenador electrónico modelo IBM 1130.

### *Flujos óptimos*

En el cuadro adjunto y en el mapa se indican los resultados que a continuación pasamos a concretar:

a) Empezando por *Andalucía*, se observa que aparte de los movimientos interinos relativos a los flujos desde provincias excedentarias (Huelva, Cádiz, Almería y Jaén) a provincias deficitarias (Sevilla, Córdoba, Málaga y Granada), es de destacar la recepción de leche procedente de Extremadura.

b) *Extremadura* envía sus excedentes a Andalucía, Madrid y Levante.

c) *Madrid*, gran centro deficitario, recibe leche de las provincias colindantes (Toledo, Guadalajara, Segovia, Avila), de otras algo más alejadas (Valladolid y Salamanca) y el resto de sus necesidades (más del 50 por 100) lo cubre con productos de Galicia.

d) *Galicia* envía a Madrid la casi totalidad de sus excedentes, enviando, además, una pequeña cantidad a Tarragona.

e) *Barcelona* recibe leche de un gran número de provincias del norte de España, León Asturias y Santander, además de recibir de León, Burgos, Valladolid, Palencia, Soria Logroño y Huesca, y de sus provincias colindantes, Gerona y Lérida.

f) *Asturias*, además de a Barcelona, envía leche a Zaragoza.

g) *Santander*, por su parte, suministra a Barcelona, Navarra y Guipúzcoa.

h) *León* suministra a Barcelona y Valencia.

i) Las *provincias valencianas* constituyen, junto a Madrid y Barcelona, el tercer gran centro deficitario, que cubre sus necesidades con leche procedente de las provincias colindantes (Murcia y Teruel), de Ciudad Real y, sobre todo, de León y Zaragoza.

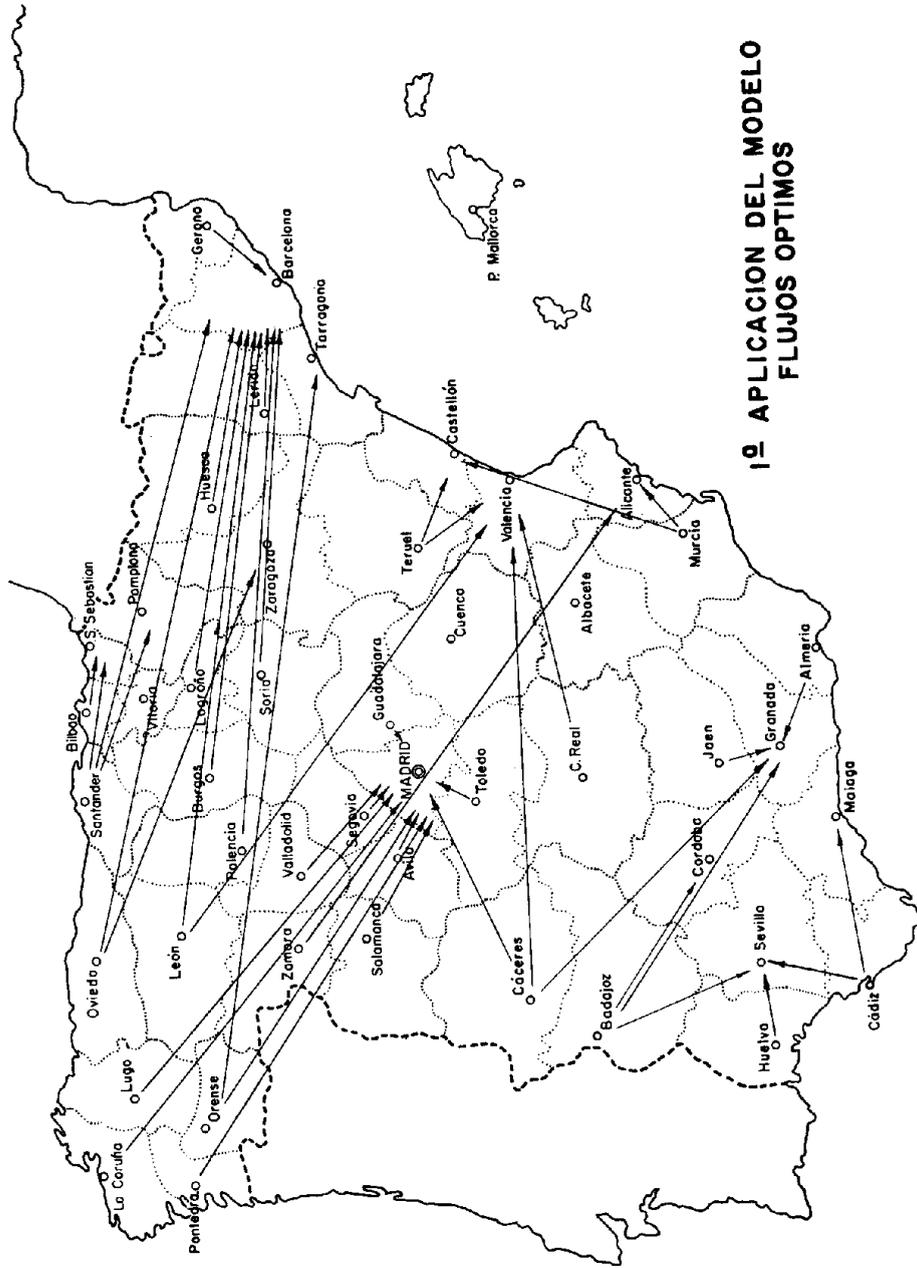
A este punto interesa insistir en que se trata de flujos óptimos teóricos relativos a una minimización de los costes totales de transporte. Estos flujos corresponden a un equilibrio no sólo de flujos, sino de flujos y precios.

#### *Diferencias óptimas de precios*

A partir de los flujos óptimos se han calculado las diferencias de precios, ya que, como se indicó anteriormente, el modelo no nos da los precios absolutos.

Dado que Pontevedra resulta ser la provincia con precio más bajo, se le ha asignado un precio cero; el precio de las restantes provincias se indica como diferencia respecto al precio en Pontevedra.

De acuerdo con el planteamiento del modelo, los resultados obtenidos que se ofrecen en el cuadro adjunto, nos indican que los precios más bajos deben corresponder a aquellas provincias que siendo excedentarias están alejadas de los centros de consumo, como es el caso de las provincias gallegas, mientras que los precios más elevados corresponden a las provincias deficitarias alejadas de los centros de suministro, como es el caso de las provincias levantinas, a causa del elevado coste de aprovisionamiento. Las provincias excedentarias próximas a grandes centros de consumo, como las limítrofes a Barcelona y Madrid se benefician de esta proximidad con un precio relativamente elevado.



1º APLICACION DEL MODELO  
FLUJOS OPTIMOS

FLUJOS OPTIMOS  
(Miles de Hl.)

PROVINCIA	Al- canta	Barce- lona	Caste- lón	Cór- doba	Gra- mada	Gui- pizcoa	Ma- drid	Má- laga	Nava- rra	Sevi- lla	Tarra- gona	Valen- cia	Zara- goza	TOTAL
PROVINCIAS DEFICITARIAS														
PROVINCIAS EXCEDENTES														
Almería ... ..					40									40
Avila ... ..							259							259
Badajoz ... ..				77	5					4				86
Burgos ... ..		140											51	140
Cáceres ... ..					117		27							195
Cádiz ... ..								7		4				11
Ciudad Real ... ..												84		84
Coruña ... ..							467							467
Gerona ... ..		305												305
Guadalajara ... ..							50			40				50
Huelva ... ..														40
Huesca ... ..														4
Jaén ... ..					101									101
León ... ..		299										457		756
Lérida ... ..		101												101
Logroño ... ..		25												25
Lugo ... ..							492							492
Murcia ... ..		22												43
Orense ... ..											33			63
Oviedo ... ..		1,278					30						300	1,578
Palencia ... ..		14												14
Pontevedra ... ..							388							388
Salamanca ... ..							87							87
Santander ... ..									76					76
Segovia ... ..							219							219
Soria ... ..							160							160
Teruel ... ..												16		16
Toledo ... ..														30
Valladolid ... ..							306							306
Vizcaya ... ..							41							41
Zamora ... ..		201												177
TOTAL ... ..	223	2,589	35	77	263	396	2,307	7	76	48	33	608	300	6,962

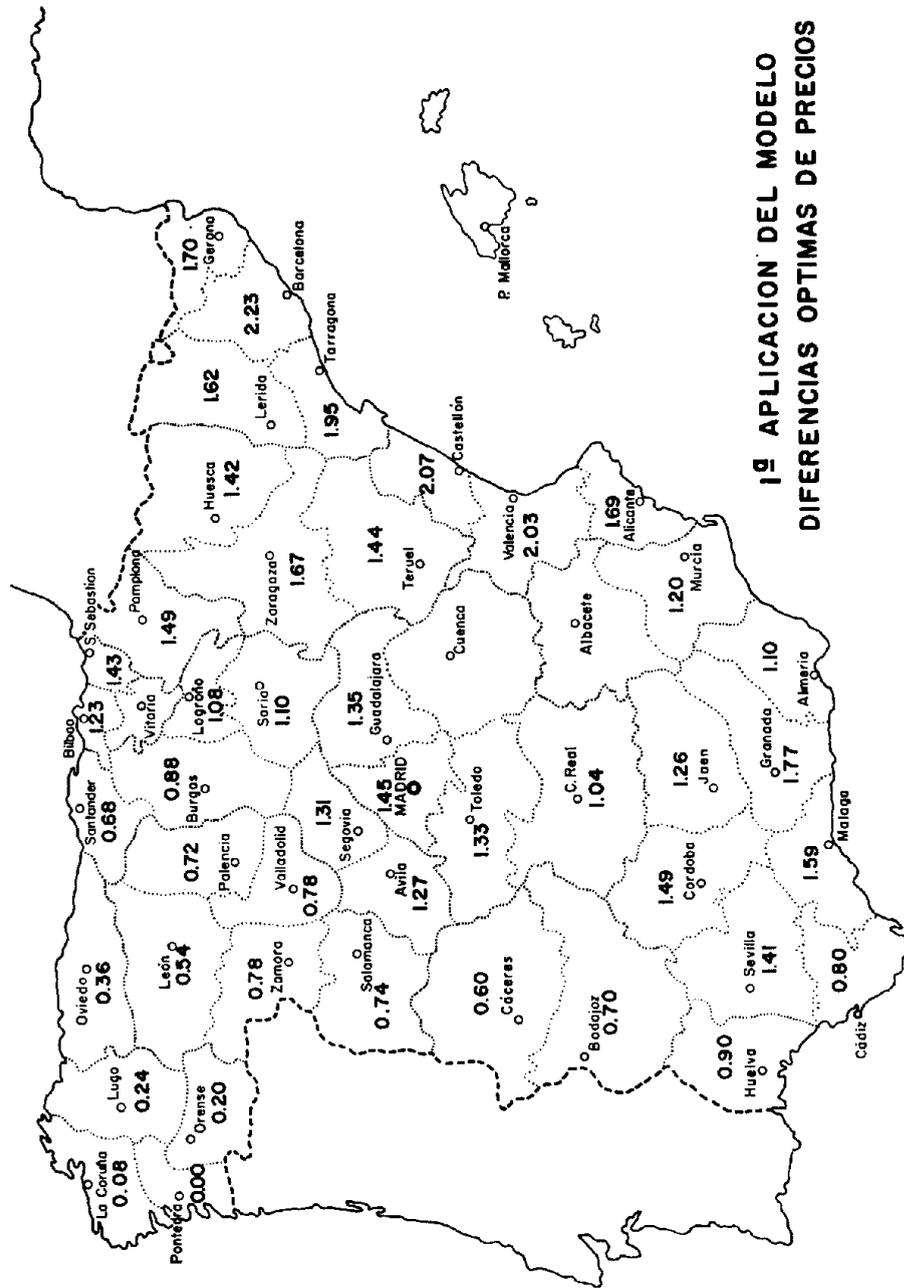
Se hace observar que cuando existe un flujo positivo entre dos provincias, el precio en la provincia deficitaria es igual al precio en la provincia excedentaria, aumentado en el coste correspondiente de transporte.

Cuando el flujo entre dos provincias es nulo, ello quiere indicar que la diferencia entre los precios respectivos es inferior al coste de transporte, por lo que no interesa el envío de leche de una a otra. En el caso límite, puede llegar a ser igual.

#### PRECIOS TEORICOS EN LAS DISTINTAS PROVINCIAS

*Precio compra sobre muelle central y diferencias en pts./l. respecto a Pontevedra*

<i>Provincias excedentarias</i>		<i>Provincias deficitarias</i>	
Almería ... ..	1,10	Alicante ... ..	1,69
Avila ... ..	1,27	Barcelona ... ..	2,23
Badajoz ... ..	0,70	Castellón ... ..	2,07
Burgos ... ..	0,88	Córdoba ... ..	1,49
Cáceres ... ..	0,60	Granada ... ..	1,77
Cádiz ... ..	0,80	Guipúzcoa ... ..	1,43
Ciudad Real ... ..	1,04	Madrid ... ..	1,45
Coruña ... ..	0,08	Málaga ... ..	1,59
Gerona ... ..	1,70	Navarra ... ..	1,49
Guadalajara ... ..	1,35	Sevilla ... ..	1,41
Huelva ... ..	0,90	Tarragona ... ..	1,95
Huesca ... ..	1,42	Valencia ... ..	2,03
Jaén ... ..	1,26	Zaragoza ... ..	1,67
León ... ..	0,54		
Lérida ... ..	1,62		
Logroño ... ..	1,08		
Lugo ... ..	0,24		
Murcia ... ..	1,10		
Orense ... ..	0,20		
Oviedo ... ..	0,36		
Palencia ... ..	0,72		
Pontevedra ... ..	0,00		
Salamanca ... ..	0,74		
Santander ... ..	0,68		
Segovia ... ..	1,31		
Soria ... ..	1,10		
Teruel ... ..	1,44		
Valladolid ... ..	0,78		
Vizcaya ... ..	1,23		
Zamora ... ..	0,78		



*Precios al ganadero en origen y precios al público en despacho*

De acuerdo con la planificación del modelo, la resolución del mismo nos da los resultados correspondientes a precio de compra sobre muelle central. A partir de éstos, se pueden calcular los precios al ganadero en origen y los precios al público.

De acuerdo con la regulación de la campaña, los costes de recogida de la leche por parte de las centrales lecheras se estiman como media en 0,50 ptas/litro, salvo en las provincias gallegas, en donde se establece en 0,60 ptas/litro, a causa de una mayor dispersión de la producción.

Restando los costes de recogida, se obtienen, por tanto, los precios al ganadero, que se ofrecen en el cuadro siguiente y en el cual se ha considerado de nuevo el precio de Pontevedra igual a cero, estableciéndose los precios de las restantes provincias como diferencia.

En dicho cuadro, se comparan las diferencias de precios, respecto a Pontevedra, obtenidas por la resolución del modelo (columna 3) con las diferencias de precios de regulación en la campaña 1972-73, primer período, también en relación a Pontevedra (columna 2).

De la comparación de las dos columnas, se deduce que para algunas provincias los precios de regulación difieren notablemente de los precios que se obtienen del modelo, siendo de destacar los siguientes hechos:

a) Las provincias de Navarra, Guipúzcoa y Vizcaya tienen un precio de regulación demasiado bajo en relación a lo que resulta del modelo. En efecto, aunque son provincias con costes de producción bajos, Navarra y Guipúzcoa son deficitarias y tienen que aprovisionarse de leche de otras provincias, lo cual hace elevar el precio. Vizcaya, aunque excedentaria, se debe beneficiar de su proximidad a Guipúzcoa.

b) Después de las provincias indicadas en el punto anterior, que son las que presentan mayor diferencia, hay que destacar a las siguientes provincias con un precio de regulación relativamente bajo: Barcelona, Tarragona, Castellón, Zaragoza, como provincias deficitarias tienen precio relativo bajo, lo que es causa de problemas para cubrir sus déficits.

Santander, Burgos, Soria, Logroño, Huesca, Teruel y Lérida son provincias que deben tener un precio más elevado, en razón a su mayor proximidad a los centros de consumo que deben o deberían abastecer.

c) En cuanto a provincias con precio de regulación demasiado alto, destacan en primer lugar las cuatro provincias gallegas, fuertemente excedentarias, pero muy alejadas de los centros de consumo.

d) Otras provincias con precio demasiado elevado en relación a sus excedentes y a los centros de consumo que abastecen son: Huelva y Almería, y en menor proporción, Jaén, Málaga, Murcia y Cádiz.

e) Las restantes provincias se encuentran en una situación intermedia.

A partir de los precios de compra sobre muelle, se pueden calcular los precios correspondientes a todas las fases del proceso de comercialización, teniendo en cuenta los coeficientes utilizados en la regulación de campañas.

	<i>Madrid y Barcelona</i>	<i>Galicia</i>	<i>Resto de España</i>
Precio en origen al ganadero ...	P	P	P
Precio de compra sobre muelle ...	$P' = P + 0,50$	$P + 0,60$	$P + 0,50$
Precio de venta sobre muelle ...	$P'' = 1,042 (P' + 1,43)$	$1,042 (P' + 1,43)$	$1,42 (P' + 1,43)$
Precio sobre des- pacho ... ..	$P''' = P'' + 0,40$	$P'' + 0,40$	$P'' + 0,40$
Precio al público en despacho ...	$P'''' = P''' + 1,10$	$P''' + 0,85$	$P''' + 0,85$

## 9. SEGUNDA APLICACIÓN DEL MODELO II

La aplicación anterior tiene el inconveniente de que se ha hecho a un nivel excesivo de desagregación en relación a las necesidades de la regulación de campaña.

PRECIOS DE REGULACION (1972-73) Y PRECIOS TEORICOS  
EN ORIGEN GANADERO (pts./l.)

PROVINCIAS	Precios de regulación 1972-73 1. <sup>er</sup> período (1)	Diferencias respecto a Pontevedra (2)	Precios en origen ga- nadero Pon- tevedra=0 (3)	(2) — (3) (4)
Almería ... ..	8,75	1,25	1,20	+ 0,05
Ávila ... ..	8,25	0,75	1,37	— 0,62
Badajoz ... ..	7,75	0,25	0,80	— 0,55
Burgos ... ..	7,75	0,25	0,98	— 0,73
Cáceres ... ..	7,75	0,25	0,70	— 0,45
Cádiz ... ..	8,60	1,10	0,90	— 0,30
Ciudad Real ... ..	7,75	0,25	1,14	— 0,89
Coruña ... ..	7,50	0,00	0,08	— 0,08
Gerona ... ..	8,75	1,25	1,80	— 0,55
Guadalajara ... ..	8,25	0,75	1,45	— 0,70
Huelva ... ..	8,60	1,10	1,00	+ 0,10
Huesca ... ..	8,25	0,75	1,52	— 0,77
Jaén ... ..	8,75	1,25	1,36	— 0,11
León ... ..	7,50	0,00	0,64	— 0,64
Lérida ... ..	8,60	1,10	1,72	— 0,62
Logroño ... ..	7,75	0,25	1,18	— 0,83
Lugo ... ..	7,50	0,00	0,24	— 0,24
Murcia ... ..	8,75	1,25	1,20	+ 0,05
Orense ... ..	7,50	0,00	0,20	— 0,20
Oviedo ... ..	7,50	0,00	0,46	— 0,46
Palencia ... ..	7,75	0,25	0,82	— 0,57
Pontevedra ... ..	7,50	0,00	0,00	0,00
Salamanca ... ..	7,75	0,25	0,84	— 0,59
Santander ... ..	7,50	0,00	0,78	— 0,78
Segovia ... ..	8,25	0,75	1,41	— 0,66
Soria ... ..	7,75	0,25	1,20	— 0,95
Teruel ... ..	8,25	0,75	1,54	— 0,79
Toledo ... ..	8,25	0,75	1,43	— 0,52
Valladolid ... ..	7,75	0,25	0,88	— 0,63
Vizcaya ... ..	7,50	0,00	1,33	— 1,33
Zamora ... ..	7,75	0,25	0,88	— 0,63
Alicante ... ..	8,75	1,25	1,79	— 0,54
Barcelona ... ..	9,00	1,50	2,33	— 0,83
Castellón ... ..	8,75	1,25	2,17	— 0,92
Córdoba ... ..	8,60	1,10	1,59	— 0,49
Granada ... ..	8,75	1,25	1,87	— 0,62
Guipúzcoa ... ..	7,50	0,00	1,53	— 1,53
Madrid ... ..	8,75	1,25	1,55	— 0,30
Málaga ... ..	9,00	1,50	1,69	— 0,19
Navarra ... ..	7,50	0,00	1,59	— 1,59
Sevilla ... ..	8,60	1,10	1,51	— 0,41
Tarragona ... ..	8,75	1,25	2,05	— 0,80
Valencia ... ..	8,75	1,25	2,13	— 0,88
Zaragoza ... ..	8,25	0,75	1,77	— 1,02

Por ello, se ha procedido a la programación de un nuevo modelo, más simplificado, en función de los resultados de la primera aplicación.

Una simplificación ha consistido en considerar que algunas provincias excedentarias próximas a grandes centros deficitarios deben mandar sus excedentes a estos últimos. Es el caso de Toledo, Segovia y Avila (respecto a Madrid), Lérida y Gerona (respecto a Barcelona), Vizcaya (respecto a Guipúzcoa), Huesca (respecto a Zaragoza) y Huelva (respecto a Sevilla-Córdoba). Todas estas provincias no intervienen, por tanto, en el programa y los centros respectivos de consumo figuran en la programación con un déficit igual al que tenían anteriormente, disminuido en los envíos de estas provincias colindantes. Algunos casos dudosos, como el de Guadalajara, Cádiz o Jaén, se han mantenido como antes.

En segundo lugar, se han agrupado algunas provincias con características similares respecto a su calidad de excedentarios o deficitarios, a sus características de producción y a los precios obtenidos en la primera programación. Las agrupaciones realizadas han sido las siguientes:

*Provincias excedentarias*

Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra.

Cáceres y Badajoz.

Zamora y Salamanca.

Valladolid y Palencia.

*Provincias deficitarias*

Granada y Málaga.

Sevilla y Córdoba.

Valencia, Alicante y Castellón.

Los costes de transporte se han estimado a partir de los utilizados en la primera aplicación, con las siguientes elaboraciones:

Para Madrid, Barcelona, Guipúzcoa y Zaragoza, las capitales respectivas siguen siendo consideradas como puntos de destino. Para las provincias agrupadas se han calculado los costes de transporte como media aritmética de los costes de transporte correspondientes a las provincias que componen cada grupo.

Las regiones exportadoras y las importadoras, así como sus respectivos excedentes y déficits, son los que se indican en el cuadro siguiente:

## REGIONES, EXCEDENTES Y DEFICITS

(En miles de Hl.)

<i>Regiones excedentarias</i>	<i>Excedente</i>	<i>Regiones deficitarias</i>	<i>Déficit</i>
1. Galicia ... ..	1.410	1. Madrid ... ..	1.583
2. Asturias ... ..	1.578	2. Barcelona ... ..	2.183
3. Santander ... ..	587	3. Guipúzcoa ... ..	219
4. León ... ..	756	4. Granada - Málaga ...	270
5. Zamora - Salamanca	288	5. Sevilla-Córdoba ... ..	85
6. Burgos ... ..	140	6. Valencia - Alicante - Castellón ... ..	866
7. Valladolid - Palen- cia ... ..	55	7. Zaragoza ... ..	276
8. Extremadura ... ..	282	8. Navarra ... ..	76
9. C. Real ... ..	84	9. Tarragona ... ..	33
10. Jaén ... ..	101	TOTAL ... ..	5.611
11. Cádiz ... ..	11		
12. Almería ... ..	40		
13. Murcia ... ..	43		
14. Guadalajara ... ..	50		
15. Soria ... ..	131		
16. Segovia ... ..	25		
17. Teruel ... ..	30		
TOTAL ... ..	5.611		

La programación queda notablemente simplificada, ya que el número de variables que antes era de  $31 \times 13 = 403$ , ahora pasa a ser de  $17 \times 9 = 153$ . La resolución se ha hecho igualmente con el ordenador electrónico 1.130 del INIA.

## FLUJOS OPTIMOS

(Miles de Hl.)

PROVINCIAS	Madrid	Barcelona	S. Sebas.	Granada	Gerona	Valencia	Zaragoza	Navarra	Tarragona	TOTAL
1. Galicia ... ..	1.245	—	—	—	—	165	—	—	—	1.410
2. Asturias ... ..	—	1.282	—	—	—	—	296	—	—	1.578
3. Santander ... ..	—	292	219	—	—	—	—	76	—	587
4. León ... ..	—	291	—	—	—	465	—	—	—	756
5. Zamora - Salamanca ... ..	288	—	—	—	—	—	—	—	—	288
6. Burgos ... ..	—	140	—	—	—	—	—	—	—	140
7. Valladolid-Palencia ... ..	—	55	—	—	—	—	—	—	—	55
8. Extremadura ... ..	—	—	—	118	85	79	—	—	—	282
9. Ciudad Real ... ..	—	—	—	—	—	84	—	—	—	84
10. Jaén ... ..	—	—	—	101	—	—	—	—	—	101
11. Cádiz ... ..	—	—	—	11	—	—	—	—	—	11
12. Almería ... ..	—	—	—	40	—	—	—	—	—	40
13. Murcia ... ..	—	—	—	—	—	43	—	—	—	43
14. Guadálajara ... ..	50	—	—	—	—	—	—	—	—	50
15. Soria ... ..	—	98	—	—	—	—	—	—	33	131
16. Logroño ... ..	—	25	—	—	—	—	—	—	—	25
17. Teruel ... ..	—	—	—	—	—	30	—	—	—	30
TOTAL ... ..	1.583	2.183	219	270	85	866	296	76	33	5.611

### *Flujos óptimos*

En el cuadro y en el mapa adjuntos se indican los resultados obtenidos, destacando lo siguiente:

- a) *Andalucía* sigue recibiendo leche de Extremadura.
- b) *Extremadura* sigue mandando leche a Sevilla y Levante y ha dejado de enviar a Madrid.
- c) *Madrid* recibe leche de Galicia, Zamora-Salamanca y Guadaluajara, además de recibir de otras provincias colindantes, lo cual ya se había considerado en este modelo.
- d) *Galicia* envía leche a Madrid y Levante.
- e) *Barcelona* sigue recibiendo leche de León, Asturias y Santander y de otras provincias del Centro-Norte (Valladolid, Palencia, Burgos, Soria y Logroño), así como de las provincias colindantes.
- f) *Asturias* sigue suministrando a Barcelona y Zaragoza.
- g) *Santander* sigue suministrando a Barcelona, Guipúzcoa y Navarra.
- h) *León* sigue suministrando a Barcelona y Valencia.
- i) Las *provincias valencianas* siguen recibiendo leche de Ciudad Real, Extremadura, León y provincias colindantes, y ahora reciben además leche de Galicia en lugar de recibirla de Zamora, como ocurría en la primera programación.

En relación con la primera programación, las principales diferencias son las siguientes:

1.<sup>a</sup> Extremadura, que en la primera programación enviaba leche a Madrid, ha dejado de enviar en la segunda. Ello es debido a que en la primera era Cáceres la provincia que enviaba; al haber considerado las dos provincias extremeñas en su conjunto, se ha aumentado la distancia media. Por tanto, se trata de un error derivado de la agregación de datos y, por tanto, no hay que descartar que Cáceres deba mandar leche a Madrid.

2.<sup>a</sup> Tampoco se suministra a partir de Soria en la segunda programación, mientras que en la primera se suministraba a partir de







una provincia deficitaria es igual al precio en cada provincia excedentaria que la suministra aumentado en el coste de transporte. Recordamos igualmente que cuando una provincia excedentaria no suministra a una provincia deficitaria es porque el precio en aquélla aumentado en el coste de transporte es superior al precio en esta última y, por tanto, no interesa el envío.

A partir de los precios en grandes centros de consumo se han calculado además los precios de aquellas provincias que habían quedado fuera de la programación.

Como en la primera aplicación, los precios vienen como diferencia respecto a la región de precios más bajos, que en este caso es Galicia.

#### *Precios al ganadero*

Igual que en la aplicación anterior, se ha procedido a calcular los precios teóricos al ganadero en origen, teniendo en cuenta unos costes de recogida de 0,60 pesetas/litro en Galicia y de 0,50 en el resto de España.

Se ha considerado un precio cero para Galicia y los precios de las restantes regiones se han calculado como diferencia respecto a aquél.

Los precios teóricos al ganadero en origen (columna 3) se comparan con los precios de regulación en el primer período de la campaña 1972-73 calculados como diferencia respecto al precio en Galicia (columna 2). La columna 4, calculada como diferencia entre las columnas 2 y 3, nos señala las provincias con precio de regulación muy elevado respecto al que debería ser según los resultados de la programación (valor negativo más elevado), así como aquellas con precio de regulación muy bajo.

Se destaca de nuevo lo siguiente:

a) Navarra, Guipúzcoa y Vizcaya tienen un precio bajo de regulación respecto al que les correspondería.

b) También tienen precio demasiado bajo las siguientes provincias: Zaragoza, provincias levantinas, Soria, Logroño, Tarragona, Barcelona, Santander, Huesca, Burgos, Ciudad Real y Granada.

PRECIOS DE REGULACION (1972-73) Y PRECIOS TEORICOS  
AL GANADERO EN ORIGEN (ptas/l.)

PROVINCIAS	Precios de regulación 1972-73 (1)	Diferencias respecto a Galicia (2)	Precios teó- ricos al ga- nadero en origen (3)	(2) — (3) (4)
Galicia ... ..	7,50	0,00	0,00	0,00
Asturias ... ..	7,50	0,00	0,35	— 0,35
Santander ... ..	7,50	0,00	0,67	— 0,67
León ... ..	7,50	0,00	0,53	— 0,53
Zamora ... ..	7,75	0,25	0,68	— 0,43
Salamanca ... ..				
Burgos ... ..	7,75	0,25	0,87	— 0,62
Valladolid ... ..	7,75	0,25	0,74	— 0,49
Palencia ... ..				
Extremadura ... ..	7,75	0,25	0,75	— 0,50
Ciudad Real ... ..	7,75	0,25	1,03	— 0,78
Jaén ... ..	8,75	1,25	1,25	0,00
Cádiz ... ..	8,60	1,10	0,96	+ 0,14
Almería ... ..	8,75	1,25	1,16	+ 0,09
Murcia ... ..	8,75	1,25	1,03	+ 0,22
Guadalajara ... ..	8,25	0,75	1,32	— 0,55
Soria ... ..	7,75	0,25	1,09	— 0,84
Logroño ... ..	7,75	0,25	1,07	— 0,82
Teruel ... ..	8,25	0,75	1,19	— 0,44
Madrid ... ..	8,75	1,25	1,42	— 0,17
Barcelona ... ..	9,00	1,50	2,22	— 0,72
Guipúzcoa ... ..	7,50	0,00	1,42	— 1,42
Granada ... ..	8,75	1,25	1,86	— 0,61
Málaga ... ..	9,00	1,50	1,86	— 0,36
Sevilla ... ..	8,60	1,10	1,54	— 0,40
Córdoba ... ..				
Valencia ... ..	8,75	1,25	2,02	— 0,77
Alicante ... ..				
Castellón ... ..				
Zaragoza ... ..	8,25	0,75	1,66	— 0,91
Navarra ... ..	7,50	0,00	1,48	— 1,48
Tarragona ... ..	8,75	1,25	2,10	— 0,85
Segovia ... ..	8,25	0,75	1,28	— 0,53
Avila ... ..	8,25	0,75	1,24	— 0,49
Toledo ... ..	8,25	0,75	1,30	— 0,55
Vizcaya ... ..	7,50	0,00	1,22	— 1,22
Huesca ... ..	8,25	0,75	1,44	— 0,69
Huelva ... ..	8,60	1,10	1,04	+ 0,06
Lérida ... ..	8,60	1,10	1,61	— 0,50
Gerona ... ..	8,75	1,25	1,69	— 0,45

c) El precio de regulación es demasiado elevado para Cádiz, Huelva, Almería, Jaén y Murcia.

También es demasiado elevado para las provincias gallegas que con las actuales diferencias de precio ven dificultadas las salidas de sus excedentes.

Por último, también hay que destacar que el precio es algo elevado en Madrid.

d) Las restantes provincias se encuentran en una situación intermedia. Vemos, por tanto, que a grandes rasgos las conclusiones relativas a los precios también coinciden con las de la primera programación.

#### 10. ZONAS LECHERAS

A partir de los métodos obtenidos se puede intentar hacer una delimitación lógica de zonas lecheras de acuerdo con lo indicado en el Reglamento de Centrales Lecheras y otras industrias lácteas, aunque, como ya se ha indicado anteriormente, no se tienen en cuenta las «características ecológicas, edafológicas y de explotación ganadera», sino que se consideran exclusivamente las características de mercado.

Parece claro que no se puede establecer un precio único para todo el país, dado que los costes de transporte, que tienen unos valores importantes, no pueden dejar de ser tenidos en cuenta.

Una solución sería un precio único para toda España, pero que tuviera forzosamente la condición de mínimo, dejando a las fuerzas del mercado que actuaran para la formación de los precios en cada punto. En un mercado perfecto, el precio en una provincia deficitaria sería igual al precio de cada provincia excedentaria y suministradora de aquélla aumentado en el coste correspondiente de transporte. Pero hay que poner dudas a la hipótesis de que pueda funcionar un mercado perfecto en una situación en donde un gran número de centrales lecheras monopolizan la compra de la leche en determinadas regiones.

La otra solución es establecer zonas lecheras, pero su delimitación es difícil, ya que tal como se observa a partir de los resultados obtenidos en las programaciones, existe una gran diversidad de pre-

cios. Puede establecerse una zona lechera para cada provincia o para pequeños grupos de provincias, como las que se han tenido en cuenta en la segunda programación. Está claro que esto es una solución que presenta la dificultad de su poca flexibilidad ante las variaciones coyunturales que se suelen producir.

Una solución intermedia consiste en un número limitado de zonas, cada una de las cuales está formada por un conjunto de provincias con precios teóricos próximos.

Para cada zona puede establecerse un precio, que conviene que siempre tenga la condición de mínimo para permitir pequeñas diferencias de precio real dentro de la misma como consecuencia de los costes de transporte.

En base a las dos programaciones, se ha hecho un intento de delimitación de zonas teniendo en cuenta los precios teóricos obtenidos.

En principio se pueden delimitar los siguientes grupos de provincias a cada uno de los cuales corresponde un margen determinado de precio. Los grupos se han ordenado de menor a mayor precio:

1. Galicia.
2. Asturias.
3. León.
4. Santander, Palencia, Valladolid, Zamora, Salamanca, Cáceres y Badajoz.
5. Burgos y Cádiz.
6. Soria, Logroño, Huelva, Ciudad Real, Murcia y Almería (en este grupo se han incluido también Albacete y Cuenca).
7. Las restantes provincias, excepto Barcelona (en este grupo se ha incluido también Alava).
8. Barcelona.

La programación de zonas lecheras puede hacerse agrupando en uno solo a varios de los grupos anteriores. Las posibilidades son

## ORDEN DE PROVINCIAS DE MENOR A MAYOR PRECIO

<i>Primera programación</i>		<i>Segunda programación</i>	
<i>Provincias</i>	<i>Precio</i>	<i>Grupos de provincias</i>	<i>Precio</i>
Pontevedra ... ..	0	Galicia ... ..	0
Coruña ... ..	0,08		
Orense ... ..	0,20		
Lugo ... ..	0,24		
Oviedo ... ..	0,36	Asturias ... ..	0,25
León ... ..	0,54	León ... ..	0,43
Cáceres ... ..	0,60	Santander ... ..	0,57
Santander ... ..	0,68	Zamora-Salamanca ... ..	0,58
Badajoz ... ..	0,70	Valladolid-Palencia ... ..	0,64
Palencia ... ..	0,72	Extremadura ... ..	0,65
Salamanca ... ..	0,74		
Zamora ... ..	0,78		
Valladolid ... ..	0,78		
Cádiz ... ..	0,80	Burgos ... ..	0,77
Burgos ... ..	0,88	Cádiz ... ..	0,86
Huelva ... ..	0,90	Ciudad Real ... ..	0,93
Ciudad Real ... ..	1,04	Murcia ... ..	0,93
Logroño ... ..	1,08	Huelva ... ..	0,94
Soria ... ..	1,10	Logroño ... ..	0,97
Almería ... ..	1,10	Soria ... ..	0,99
Murcia ... ..	1,20	Almería ... ..	1,06
Vizcaya ... ..	1,23	Huesca ... ..	1,09
Jaén ... ..	1,26	Vizcaya ... ..	1,12
Avila ... ..	1,27	Avila ... ..	1,14
Segovia ... ..	1,31	Jaén ... ..	1,15
Toledo ... ..	1,33	Toledo ... ..	1,20
Guadalajara ... ..	1,35	Segovia ... ..	1,18
Sevilla ... ..	1,41	Guadalajara ... ..	1,22
Huesca ... ..	1,42	Guipúzcoa ... ..	1,32
Guipúzcoa ... ..	1,43	Madrid ... ..	1,32
Teruel ... ..	1,44	Teruel ... ..	1,33
Madrid ... ..	1,45	Navarra ... ..	1,38
Navarra ... ..	1,49	Sevilla - Córdoba ... ..	1,44
Córdoba ... ..	1,49	Lérida ... ..	1,51
Málaga ... ..	1,59	Gerona ... ..	1,59
Lérida ... ..	1,62	Málaga-Granada ... ..	1,76
Zaragoza ... ..	1,67	Valencia - Alicante - Caste-	
Alicante ... ..	1,69	llón ... ..	1,92
Gerona ... ..	1,70	Tarragona ... ..	2,00
Granada ... ..	1,77		
Tarragona ... ..	1,95		
Valencia ... ..	2,03		
Castellón ... ..	2,07		
Barcelona ... ..	2,23	Barcelona ... ..	2,12



varias, pero a continuación indicamos una propuesta consistente en cinco zonas que reúnen los siguientes grupos:

Zona I: grupo 1.

Zona II: grupo 2 y 3.

Zona III: grupos 4, 5 y 6.

Zona IV: grupo 7.

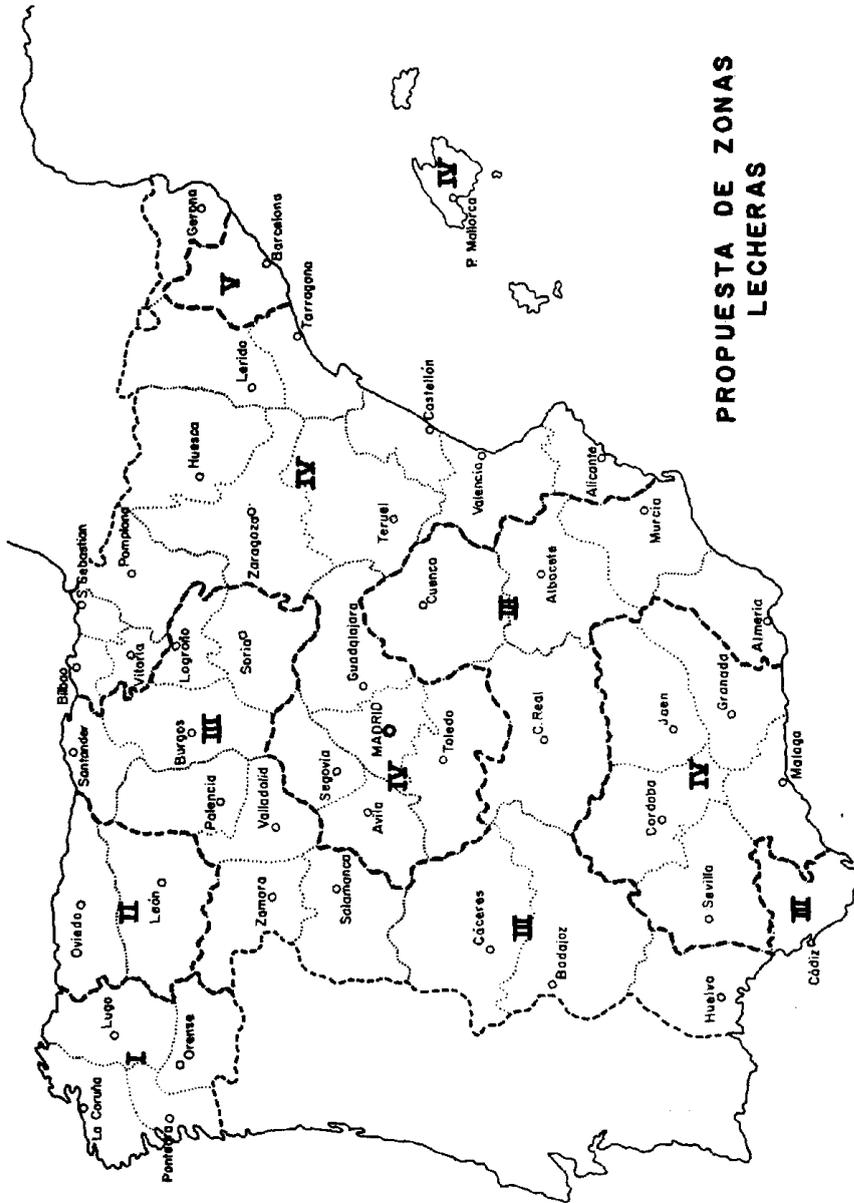
Zona V: grupo 8.

Los márgenes entre los que varían los precios dentro de cada zona serían los siguientes según la primera programación (precio de Pontevedra igual a cero) y según la segunda (precio de Galicia igual a cero):

#### PRECIOS

	<i>Precios mínimos y máximos provinciales</i>	<i>Diferencia entre máximos y mínimos</i>
Zona I:		
— 1. <sup>a</sup> programación ... ..	0,00 — 0,24	0,24
— 2. <sup>a</sup> programación ... ..	0,00	—
Zona II:		
— 1. <sup>a</sup> programación ... ..	0,36 — 0,54	0,18
— 2. <sup>a</sup> programación ... ..	0,25 — 0,43	0,18
Zona III:		
— 1. <sup>a</sup> programación ... ..	0,60 — 1,20	0,60
— 2. <sup>a</sup> programación ... ..	0,57 — 1,06	0,49
Zona IV:		
— 1. <sup>a</sup> programación ... ..	1,23 — 2,07	0,84
— 2. <sup>a</sup> programación ... ..	1,09 — 2,00	0,91
Zona V:		
— 1. <sup>a</sup> programación ... ..	2,23	—
— 2. <sup>a</sup> programación ... ..	2,12	—

De las cinco zonas, la más heterogénea es la IV, que comprende las provincias del nordeste, algunas del centro y algunas del sur, pero se insiste en que los precios de ésta, así como de las restantes zonas, deberían tener la condición de mínimos con la posibilidad de que fueran algo más elevados en unas provincias que en otras.



**PROPUESTA DE ZONAS  
LECHERAS**

## 11. CONCLUSIONES

Con las dos programaciones realizadas se obtienen conclusiones relativas a flujos óptimos de leche desde provincias excedentarias a provincias deficitarias, así como respecto a precios geográficos y a delimitaciones de zonas lecheras. Varias observaciones deben hacerse, sin embargo, a dichas conclusiones:

1.<sup>a</sup> Como se ha indicado anteriormente, se trata de un modelo «a breve plazo» (el modelo II), en el cual se opera con demandas a nivel de central lechera en lugar de demandas a nivel de consumidor. Ello es debido a la falta de información relativa al consumo provincial de leche que impide la aplicación de un modelo a más largo plazo (modelo I).

2.<sup>a</sup> Tampoco se dispone de datos exactos relativos a excedentes y déficits provinciales, habiéndose tenido que utilizar unas estimaciones facilitadas por personas muy conocedoras del sector. También han tenido que estimarse de esta forma.

3.<sup>a</sup> La aplicación se ha hecho con datos anuales sin tener en cuenta las diferentes estacionalidades de cada región.

A pesar de estas limitaciones, las conclusiones obtenidas pueden ser útiles para la programación de precios geográficos si son usadas con la debida reserva, principalmente en relación a los datos indicados.

Por otra parte, hay que destacar que se trata de una experiencia interesante que demuestra las posibilidades de la programación lineal para determinar los flujos óptimos de la leche, así como de otros productos. Este estudio puede servir de base a otros estudios más profundos, para lo cual es necesario disponer de la siguiente información:

- Producciones provinciales anuales y por períodos del año.
- Consumos provinciales de leche higienizada y esterilizada.
- Costes de transporte entre provincias.
- Capacidades de higienización y esterilización.

Por último, además de los estudios de programación lineal, deberían realizarse otros estudios complementarios para estimar los efectos de la variación de precios sobre la demanda y sobre la oferta de leche en cada provincia.

## APÉNDICE

En este apéndice se hacen unas consideraciones teóricas para aclarar las relaciones existentes entre cantidades y precios «sombra» para cada uno de los modelos planteados. Empezamos por el modelo segundo por ser más simple.

*Modelo II*

En primer lugar cambiamos el signo de la función objetivo, de forma que pasamos de un problema de minimización a otro de maximización:

$$f(x) = \sum_1^n \sum_1^m (-x_{ij} t_{ij}) \quad [14]$$

En segundo lugar hacemos una generalización de las restricciones transformándolas en desigualdades.

$$\sum_1^m x_{ij} \leq S_i \quad i = 1, 2 \dots n \quad [15]$$

$$\sum_1^n x_{ij} \geq D_j \quad j = 1, 2 \dots m \quad [16]$$

Aplicamos los multiplicadores de Lagrange, quedándonos la siguiente función:

$$\begin{aligned} \Phi(x, \rho) = & \sum_i \sum_j (-x_{ij} t_{ij}) + \sum_i \rho_i^1 [S_i - \sum_j x_{ij}] + \\ & + \sum_j \rho_j^2 [\sum_i x_{ij} - D_j] \end{aligned} \quad [17]$$

Según demostraron Kuhn y Tucker en 1950, las condiciones necesarias para que el problema de programación tenga solución son las siguientes:

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{ij}} \right] x_{ij} = 0 \quad y \quad \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{ij}} \leq 0 \quad [18]$$

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial \rho_k} \right] \rho_k = 0 \quad y \quad \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial \rho_k} \geq 0 \quad [19]$$

Los multiplicadores  $\rho$ , que son a su vez las variables del problema dual, tienen la consideración de precios sombra y como tales son un índice de la escasez o abundancia del producto en relación a su demanda respectiva. Los multiplicadores  $\rho_i$  son los precios

sombra del producto en las provincias excedentarias y tienen un significado de rentas de localización; cuanto más alejada esté la provincia de los centros de consumo, menor será el precio, o sea su renta de localización. Los multiplicadores  $\rho_i$  son los precios sombra del producto en las provincias deficitarias e indican, por tanto, el mayor o menor coste de aprovisionamiento.

Aplicamos a continuación las condiciones de Kuhn-Tucker a nuestro modelo. En primer lugar las condiciones [18]:

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{ij}} \right] x_{ij} = \begin{cases} [-t_{ij} - \rho_i^1 + \rho_j^2] x_{ij} = 0 \\ \text{y} \quad [-t_{ij} - \rho_i^1 + \rho_j^2] \leq 0 \end{cases} \quad [20]$$

lo cual puede cumplirse en los dos casos siguientes:

$$x_{ij} = 0 \quad " \quad \rho_j^2 \leq \rho_i^1 + t_{ij} \quad [21]$$

$$x_{ij} > 0 \quad " \quad \rho_j^2 = \rho_i^1 + t_{ij} \quad [22]$$

En el primer caso [21] no se manda producto desde la provincia  $i$  a la provincia  $j$ ; la segunda condición indica que el precio en la provincia deficitaria  $j$  es inferior al precio de la provincia excedentaria  $i$  aumentado en el coste de transporte, por lo que no interesa el envío de producto, lo cual está de acuerdo con la primera condición. Un caso especial es aquel en el cual los dos factores son nulos.

En el segundo caso [22], la provincia  $i$  envía producto a la provincia  $j$  y el precio de esta última es igual precisamente al precio en aquélla aumentado en el coste de transporte.

Veamos a continuación las condiciones [14] aplicadas a las variables  $\rho_i^1$ :

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial \rho_i^1} \right] \rho_i^1 = [S_i - \sum_j x_{ij}] \rho_i^1 = 0 \quad \text{y} \quad [S_i - \sum_j x_{ij}] \geq 0 \quad [23]$$

Pueden darse los dos casos siguientes:

$$\rho_i^1 = 0 \quad " \quad \sum_j x_{ij} \leq S_i \quad [24]$$

$$\rho_i^1 > 0 \quad " \quad \sum_j x_{ij} = S_i \quad [25]$$

En el primer caso [24] queda un exceso de oferta en la provincia  $i$ , lo que coincide con un precio nulo para el producto en dicha provincia que indica la existencia de dicho exceso.

En el segundo caso [25], toda la oferta del producto se manda

a las distintas regiones deficitarias, lo que coincide con un precio positivo.

La aplicación de las condiciones [19] a las variables  $\rho_j^2$  es la siguiente:

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial \rho_j^2} \right] \rho_j^2 = [\sum_i x_{ij} - D_j] \rho_j^2 = 0 \quad \text{y} \quad \sum_i x_{ij} - D_j \geq 0 \quad [26]$$

pudiéndose dar los dos casos siguientes:

$$\rho_j^2 = 0 \quad " \quad \sum_i x_{ij} \geq D_j \quad [27]$$

$$\rho_j^2 > 0 \quad " \quad \sum_i x_{ij} = D_j \quad [28]$$

En el primer caso [27], las cantidades recibidas por la provincia excedentaria  $j$  superan a la demanda en dicha provincia, por lo que el precio del producto es nulo, ya que existe un exceso del mismo.

En el segundo caso [28], la suma de las cantidades recibidas por la provincia  $j$  coincide exactamente con la demanda en la misma, por lo que el precio es positivo.

Igual que en [21], también en [24] y [27] existe el caso límite en el que los dos factores son nulos.

### Modelo I

Igual que se ha hecho con el modelo II, también aquí cambiamos de signo la función objetivo y generalizamos las restricciones, transformándolas en desigualdades:

$$\begin{aligned} \text{Max } g(x) = & \sum_i \sum_j - x_{ij} t_{Hij} + \sum_j - x_{Hj} C_{Hj} + \sum_j - x_{Ej} C_{Ej} + \\ & + \sum_j \sum_k - x_{Hjk} t_{Hjk} + \sum_j \sum_k - x_{Ejk} t_{Ejk} \end{aligned} \quad [29]$$

Restricciones	Multiplicadores	
$\sum_i x_{ij} \geq x_{Hj} + x_{Ej}$	$\rho_j^1$	[30]
$\sum_k x_{Hjk} \leq x_{Hj}$	$\rho_j^2$	[31]
$\sum_k x_{Ejk} \leq x_{Ej}$	$\rho_j^3$	[32]
$\sum_j x_{ij} \leq S_i$	$\rho_j^4$	[33]
$\sum x_{Hjk} + x_{Ejk} \geq D_k$	$\rho_k^5$	[34]
$X_{Hj} \leq M_{Hj}$	$\rho_j^6$	[35]
$X_{Ej} \leq M_{Ej}$	$\rho_j^7$	[36]

Los multiplicadores de Logrange tienen en este modelo los siguientes significados:

- $\rho_j^1$  = Precio de la leche natural en la provincia transformadora  $j$ .
- $\rho_j^2$  = Precio de la leche higienizada en la provincia transformadora  $j$ .
- $\rho_j^3$  = Precio de la leche estéril en la provincia transformadora  $j$ .
- $\rho_i^4$  = Precio de la leche natural en la provincia productora  $i$ .
- $\rho_k^5$  = Precio de la leche higienizada y estéril en la provincia consumidora  $k$ .

La hipótesis de sustitubilidad perfecta en el consumo da lugar a la existencia de un precio sombra único en cada provincia para los dos tipos de leche.

$\rho_j^6$  y  $\rho_j^7$  = rentas de las instalaciones para la fabricación de la leche higienizada y estéril, respectivamente, en la provincia transformadora  $j$ .

Igual que el modelo I se pondría el problema en forma de Logrange y se aplicarían las condiciones de Kuhn-Tucker. Para evitar el poner aquella, aplicamos directamente estas últimas.

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{ij}} \right] x_{ij} = \begin{cases} [-t_{ij} + \rho_j^1 - \rho_i^4] x_{ij} = 0 \\ [-t_{ij} + \rho_j^1 - \rho_i^4] \leq 0 \end{cases} \quad [37]$$

Cuando se manda producto desde  $i$  a  $j$ , es decir, cuando  $x_{ij} > 0$ ,  $\rho_j^1 = \rho_i^4 + t_{ij}$ ; el precio de la leche natural en la provincia transformadora  $j$  es igual al precio en la provincia productora, aumentado en el coste de transporte. Si por el contrario  $x_{ij} = 0$  se cumple que  $\rho_j^1 < \rho_i^4 + t_{ij}$ .

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{Hj}} \right] x_{Hj} = \begin{cases} [C_{Hj} - \rho_j^1 + \rho_j^2 - \rho_j^6] x_{Hj} = 0 \\ [ -C_{Hj} - \rho_j^1 + \rho_j^2 - \rho_j^6 ] \leq 0 \end{cases} \quad [38]$$

Si se fabrica leche higienizada en la provincia  $j$ , es decir,  $x_{Hj} > 0$  se cumple que  $\rho_j^2 = \rho_j^1 + C_{Hj} + \rho_j^6$ , es decir, que el precio de la leche higienizada en la provincia transformadora  $j$  es igual al precio de la leche natural en la misma provincia, aumentado en el coste de transformación y en la renta de la instalación. Si  $x_{Hj} = 0$ , el precio  $\rho_j^2$  es menor que la suma indicada

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{Ej}} \right] x_{Ej} = \begin{cases} [-C_{Ej} - \rho_j^1 + \rho_j^3 - \rho_j^7] x_{Ej} \\ [ -C_{Ej} - \rho_j^1 + \rho_j^3 - \rho_j^7 ] \leq 0 \end{cases} \quad [39]$$

El razonamiento a hacer es análogo al hecho para [38]:

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{Hjk}} \right] x_{Hjk} = \begin{cases} [-t_{Hjk} - \rho_j^2 - \rho_k^5] x_{Hjk} = 0 & \gg \\ [-t_{Hjk} - \rho_j^2 - \rho_k^5] \leq 0 & \end{cases} \quad [40]$$

Si desde la provincia transformadora  $j$  se envía leche higienizada a la provincia consumidora  $k$ , es decir, si  $x_{Hjk} > 0$ , se debe cumplir que  $\rho_k^5 = \rho_j^2 + t_{Hjk}$ , o sea que el precio de la leche higienizada en la provincia consumidora  $k$  es igual al precio en la provincia transformadora  $j$ , aumentado en el coste de transporte. Si por el contrario  $x_{Hjk} = 0$ , el precio  $\rho_k^5$  es menor de la suma indicada.

$$\left[ \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial x_{Ejk}} \right] x_{Ejk} = \begin{cases} [-t_{Ejk} - \rho_j^3 + \rho_k^5] x_{Ejk} = 0 & \gg \\ [-t_{Ejk} - \rho_j^3 + \rho_k^5] \leq 0 & \end{cases} \quad [41]$$

El razonamiento sería similar al realizado para [40].

Con las relaciones [37] a [41] se obtienen, por tanto, las relaciones existentes entre todos los precios «sombra» del modelo.

Las relaciones de Kuhn-Tucker indicadas de una forma general en [19] nos explicarán, igual que se ha hecho para el modelo I, todas las posibilidades que indicamos a continuación de una forma resumida.

Los precios  $\rho^1$  a  $\rho^5$  serán nulos en los casos en que existe exceso de producto en la situación respectiva, es decir, leche natural en la provincia transformadora  $j$ , leche higienizada en  $j$ , leche estéril en  $j$ , leche natural en la provincia productora  $i$  y leche higienizada estéril en la provincia consumidora  $k$ , respectivamente.

Mención especial merecen las condiciones de Kuhn-Tucker referidas a las variables  $\rho_j^6$  y  $\rho_j^7$

$$\left( \frac{\partial \Phi(x, \rho)}{\partial \rho_j^6} \right) \rho_j^6 = \begin{cases} [M_{Ej} - X_{Ej}] \rho_j^6 = 0 & \gg \\ [M_{Ej} - X_{Ej}] \geq 0 & \end{cases} \quad [42]$$

Si se utiliza toda la capacidad transformadora de la provincia  $j$  en la leche higienizada, es decir, si  $X_{Ej} = M_{Ej}$ , la renta de las instalaciones sería positiva. Por el contrario, la renta de las instalaciones será nula si hay una parte de capacidad sin utilizar, es decir, si  $X_{Ej} < M_{Ej}$ . Igual razonamiento se haría para las variables  $\rho_j^7$ .

## BIBLIOGRAFIA

1. ALONSO, William, 1964: *Location and Land Use*. Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts.
2. BERCKMANN, Martín, 1968: *Location theory*. Random House. New York.
3. BRESSLER, R. G., y KING, Richard A., 1970: *Markets, Price and Interregional trade*. John Wiley and Sons. New York.
4. CARLEY, D. H., 1964: *Optimum Assembly of Milk Supplies in the Southeast*. Bulletin n.º 92. Southern Cooperative Series North Carolina.
5. CARLEY, D. H., y PURCEL, J. C., 1966: *Patterns of Fluid Milk Distribution in the Southeast. 1959 and Projected 1957*. Bulletin n.º 105. Southern Cooperative Series.
6. CASAS, Joseph, 1967: *Application des programmes de transport aux problèmes de localisation des usines, du choix et du niveau de leurs activités dans les industries agricoles et alimentaires*. Institut National de la Recherche Agronomique. Economie et Sociologie Rurales. Paris.
7. GÓMEZ IRURETA, F.; DE MIGUEL, J. L., y MÍNGUEZ, E., 1971: *Modelo para la localización de la oferta hortofrutícola: Un ensayo de flujos para 1980*. Instituto de Desarrollo Económico. Madrid.
8. HOOVER, Edgar, 1971: *An introduction to Regional Economics*. Alfred A. Knopf Inc. New York.
9. ISARD, Walter, 1956: *Location and Space-Economy*. M. I. T. Cambridge. Massachusetts.
10. ISARD, Walter, 1960: *Methods of Regional Analysis: an introduction to Regional Science*. M. I. T. Cambridge. Massachusetts.
11. KING, R. A. (editor), 1963: *Interregional Competition Research Methods*. The Agriculture Policy Institute. University of North Carolina. Raleigh.
12. KING, G. A., y SCHRADER, L. F., 1963: *Regional Location of Cattle Feeding. A Spatial Equilibrium Analysis*. Hilgardía Vd. 34, n.º 10.
13. KOTTUE, M., 1970: *Spatial, Temporal and Product Use Allocation of Milk in an Imperfectly Competitive Dairy Industry*. *American Journal of Agricultural Economics*, vd 52, n.º 1.
14. MARENCO, G., y DE BENEDICTIS, Michele, 1967: *La Localizzazione della Produzione Agricola*. Edizioni Scientifiche Italiane. Napoli.
15. OLSON, F. L., 1959. *Location Theory as applied to milk processing plants*. *Journal of Farm Economics*, vd. 41, n.º 5.
16. RICHARDSON, Harry, 1969: *Regional Economics. Location Theory, urban structure and regional change*. Weidenfeld and Nicolson. Londres.
17. TAKAYAMA, T., y JUDGE, G. G., 1971: *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. North Holland Publishing Company. Amsterdam.

## RESUMEN

La regulación de la comercialización de la leche en España se basa fundamentalmente en el Decreto 2478/1966, por el que se aprueba el Reglamento de Centrales Lecheras e Industriales Lácteas.

En dicho Decreto se establece que los precios mínimos se propondrán partiendo de los costes reales de producción y por zonas de análogas características ecológicas, edafológicas y de explotación ganadera. Este criterio de precios geográficos, basados en los costes de producción, es contrario a la especialización de las regiones en aquellos productos para los cuales tienen ventajas comparativas.

Sin embargo, el indicado criterio no se ha aplicado de una forma rígida en las regulaciones anuales de campañas, ya que se han tenido en cuenta aspectos de mercado que han determinado unos precios más elevados en las zonas deficitarias que permitieran el envío de productos desde zonas excedentarias.

En este trabajo, después de hacer un análisis descriptivo de la regulación de las campañas lecheras en los últimos años en España y después de unas consideraciones teóricas que sirven para plantear la problemática de los precios de la leche en el espacio, se presentan dos modelos de programación matemática cuya resolución nos indique el esquema óptimo de flujos de leche a partir del cual se obtienen las diferencias óptimas de precios entre regiones o provincias.

En el primer modelo se plantea la minimización del coste total de transporte de leche natural, transformación en leche higienizada y estéril y transporte de estos últimos productos, pero la insuficiencia de datos estadísticos no permite su aplicación.

Por ello se plantea un segundo modelo, en el cual solamente se minimiza el coste de transporte de leche natural considerando fijas las demandas a nivel de centrales lecheras. Aunque también en este caso hay insuficiencia de datos estadísticos, estos han podido estimarse en base a informaciones suministradas por expertos conocedores del sector. La aplicación de este segundo modelo, primero a nivel de provincias y después con una agregación de algunas de ellas, permite obtener unos resultados teóricos de flujos óptimos y de diferencias óptimas de precios entre provincias. El modelo, tal como está planteado, no obtiene el nivel absoluto del precio de la leche.

Entre las conclusiones destaca la importancia del coste de transporte en el nivel de precios en las distintas provincias, las cuales presentan una diferencia de más de dos pesetas-litro entre el mínimo y el máximo. Por otra parte, se destacan las limitaciones de la ordenación actual de precios, que no tiene en cuenta suficientemente la importancia de estos costes de transportes.

## RESUME

La réglementation de la commercialisation du lait en Espagne est essentiellement fondée sur le décret 2478/1966 en vertu duquel on approuve le Règlement des Centrales laitières et des Industries laitières.

Dans ce décret, on établit que les prix minimaux seront proposés en partant des coûts réels de production et par zones de caractéristiques écologiques et édaphologiques et d'exploitation d'élevage analogues. Ce critère de prix géographiques fondé sur les coûts de production est contraire à la spécialisation des régions dans ces produits pour lesquels elles ont des avantages comparatifs.

Cependant, le critère indiqué n'a pas été appliqué de façon rigide dans les réglementations annuelles des campagnes, car on a tenu compte des aspects

de marché qui ont déterminé des prix plus élevés dans les zones déficitaires qui permettent l'envoi de produits venant de zones excédentaires.

Dans ce travail, après avoir fait une analyse descriptive de la réglementation des campagnes laitières ces dernières années en Espagne et des considérations théoriques qui servent à poser la problématique des prix du lait sur le territoire, on présente deux modèles de programme mathématique dont la solution nous est indiquée par le schéma optimum des courants de lait en partant duquel on obtient les différences optimales de prix entre les régions ou les provinces.

Dans le premier modèle, on pose la question de la minimisation du coût total du transport du lait naturel, de la transformation en lait pasteurisé et stérilisé et du transport de ces derniers produits, mais l'insuffisance de données ne permet pas de l'appliquer.

C'est pourquoi on propose un second modèle où l'on minimise le coût du transport du lait naturel en considérant comme fixes les demandes à l'échelon des centrales laitières. Même si, dans ce cas aussi, les données statistiques sont insuffisantes, on a pu évaluer celles-ci en se fondant sur des informations fournies par des experts connaissant le secteur. L'application de ce second modèle, d'abord au niveau des provinces puis d'un groupe de quelques-unes de celles-ci, permet d'obtenir des résultats théoriques de courants optimaux et de différences optimales de prix entre les provinces. Le modèle, tel qu'il est présenté, n'arrive pas au niveau absolu du prix du lait.

Dans les conclusions, on souligne l'importance du coût du transport dans le niveau des prix dans les différentes provinces où l'on note une différence de plus de deux pesetas par litre entre le maximum et le minimum. D'autre part, on souligne les limitations du régime actuel des prix qui ne tient pas suffisamment compte de l'importance de ces coûts de transport.

#### SUMMARY

The regulation of the commercialisation of milk in Spain is based fundamentally on Decree 2478/1966 which approves the Regulation of Centres for Milk and Dairy Products.

This Decree lays down that the minimum prices shall be fixed starting from the real production costs and by zones of similar ecological and edaphological characteristics and systems of cattle-breeding. This criterion of geographical prices based on production costs is contrary to the specialisation of the regions in those products for which they have comparative advantages.

However, the criterion has not been applied rigidly in the annual regulation of production, as market aspects have been taken into account which have led to higher prices in the regions where there has been a shortage, which have permitted products to be sent to them from regions with a surplus.

This work, after making a descriptive analysis of the regulation of milk production in Spain in the last few years and after some theoretical considerations which enable it to pose the problems of milk prices in the space in question, presents two models of mathematical programming whose resolution indicates the best scheme for the flow of milk, starting from which we can obtain the optimum differences of prices between regions and provinces.

The first model deals with the minimisation of the total cost of transport of natural milk, its transformation into hygienic and sterile milk and the transport of these latter products, but the insufficiency of statistical data does not allow us to apply this.

A second model is therefore provided in which only the cost of transport of natural milk is minimised while the demands at dairy centre levels are considered fixed. Although the statistical data are insufficient in this case too, they can be estimated on the basis of information supplied by experts who know the sector. The application of this second model, first at the level of provinces and then with a combination of them, enables us to obtain some theoretical results of optimum flows and optimum price differences between provinces. The model, as it is planned, does not obtain the absolute level of the price of milk.

Among the conclusions is the importance of the cost of transport in the level of prices in the different provinces, which present a difference of more than two pesetas a litre between the minimum and the maximum. Another important point is the limitations of the present regulation of prices, which does not take these transport costs sufficiently into account.