

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

Departamento de Economía Agrícola

Programa de Posgrado



**"Análisis de la producción de leche
en México, usando Programación Lineal"**

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES

Tesis presentada como requisito parcial para obtener
el Grado de
**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMIA DEL
DESARROLLO RURAL**

POR

Armando Pineda Romero

CHAPINGO, MEXICO, ABRIL DE 1996



DX 85180

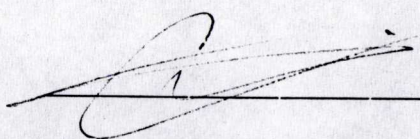
- 151236

"Análisis de la producción de leche en México usando programación lineal"

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMIA DEL DESARROLLO RURAL.

PRESIDENTE



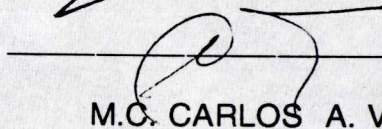
DR. FELIX R. CARVALLO G.

ASESOR



DR. SANTOS MARTINEZ TENORIO

ASESOR



M.C. CARLOS A. VILLASEÑOR L.

29178

Chapingo, México, Abril de 1996

El Jurado del Examen de Grado de Maestría en Ciencias en Economía del
Desarrollo Rural estuvo constituido por:

PRESIDENTE



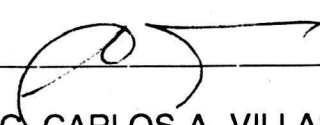
DR. FELIX R. CARVALLO G.

ASESOR



DR. SANTOS MARTINEZ T.

ASESOR



M.C. CARLOS A. VILLASEÑOR L.

REPRESENTANTE DE LA COOR-
DINACION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE ECONOMIA
AGRICOLA.



DRA. ALMA ALICIA GOMEZ G.

REPRESENTANTE DE LA COOR-
DINACION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE LA UACH.



DR. LUIS E. CHALITA TOVAR

Cada uno de los cuales revisó y aprobó la tesis presentada.

Chapingo, México, Abril de 1996.

Dedicatoria.

Señor, ... gracias por mi existir.

**A quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo:
AMOR.**

**A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida
para formarme y educarme.**

A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho.

**A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más
grandes del mundo.**

Por esto y más Gracias, Papás.

A mis hermanos, que me han apoyado incondicionalmente.

Agradecimientos.

Al M.C. Ernesto Escalante C. y familia, por todo el apoyo moral que me han ofrecido.

Al Dr. Roberto F. Carvallo G. por la oportunidad de realizar esta tesis con él.

Al M.C. Carlos A. Villaseñor L. por la dedicación ofrecida al realizar el presente trabajo.

Al Dr. Santos Martínez T. por el apoyo brindado durante mi estancia en la UACH.

A todas las personas que participaron directa o indirectamente en este proyecto.

A una persona muy especial.

Indice

I Introducción.

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos particulares.....	5
1.4 Hipótesis.....	6

II Marco de referencia.

2.1 Producción mundial de leche.....	7
2.1.1 Agrupación por nivel de desarrollo.....	7
2.1.2 Países líderes.....	8
2.1.3 Producción de leche en polvo.....	9
2.2 Comercio Mundial.....	11
2.2.1 Importaciones de leche en polvo.....	11
2.2.2 Exportaciones de leche en polvo.....	12
2.2.3 Precios internacionales de la leche en polvo.....	13
2.3 Producción nacional de leche.....	14
2.3.1 Producción nacional e inventarios ganaderos.....	14
2.3.2 Principales estados productores	16
2.3.3 Estacionalidad.....	17
2.3.4 Importaciones de leche y productos lácteos.....	18
2.4 Competitividad de la producción de leche.....	20
2.4.1 Producción anual de leche por vaca.....	20
2.4.2 Precios de la leche al productor.....	21
2.4.3 Subsidio al productor	22
2.5 Principales regiones lecheras	23
2.5.1 Comunidad Económica Europea (CEE).....	24
2.5.2 Estados Unidos (EU).....	26
2.5.3 Nueva Zelanda	33
2.5.4 Canadá	33
2.5.5 Australia.....	34
2.6 Marco regulatorio: El Tratado de Libre Comercio.....	36

III El producto leche: Generalidades y sus derivados.....

3.2 Tecnologías.....	45
3.2.1 Sistema especializado	46
3.2.2 Sistema semiespecializado	46
3.2.2.1 Semi-estabulado	46
3.2.2.2 Pastoreo familiar.....	47
3.2.3 Sistema tropical	50
3.3 CONASUPO-LICONSA.....	49
3.4 Confederación Nacional Ganadera	55
3.5 Industrialización	57

IV Marco teórico.

4.1 Programación lineal.....	64
------------------------------	----

4.2 El modelo teórico...	66
4.3 Supuestos de la programación lineal.....	69
4.4 Terminología para las soluciones del modelo...	72
4.5 El análisis de sensibilidad...	73
4.6 Paquete computacional QSB.....	74
V Construcción del modelo.	
5.1 Componentes del modelo	79
5.1.1 Actividades	79
5.1.2 Restricciones	87
5.1.3 Precios netos y coeficientes técnicos.....	92
5.1.4 Planteamiento matemático	94
5.2 Obtención de datos.....	100
VI Discusión de resultados.....	101
6.1 Programa óptimo de actividades.....	101
6.2 Precios sombra de las actividades.....	103
6.3 Variables de holgura y sus precios sombra.....	105
6.4 Análisis de sensibilidad.....	109
VII Recomendaciones	117
VIII Bibliografía	119
IX Salida de computo sobre la formulación y solución del modelo empírico.....	121

Indice de Gráficas.

Gráfica 1.....	(Producción mundial de leche).....	8
Gráfica 2.....	(Países líderes en la producción lechera).....	9
Gráfica 3a.....	(Participación en la producción de leche en polvo de principales países productores en 1988).....	10
Gráfica 3b.....	(Idem en 1993).....	10
Gráfica 4.....	(Importaciones de leche en polvo).....	12
Gráfica 5.....	(Precios internacionales de la leche en polvo).....	14
Gráfica 6a.....	(Inventario ganadero).....	15
Gráfica 6b.....	(Producción nacional de leche).....	15
Gráfica 6c.....	(Estacionalidad de la producción).....	18
Gráfica 7.....	(Valor de las importaciones).....	19
Gráfica 8.....	(Comparación entre países en producción anual de leche por vaca)	21
Gráfica 9.....	(Comparación entre países en precios de la leche al productor 1990-1992).....	22
Gráfica 10.....	(Subsidio al productor 1990-1992).....	23

Indice de Cuadros.

Cuadro 1.....	(Composición de la leche de cinco razas bóvinas).....	2
Cuadro 2.....	(Exportaciones mundiales de leche en polvo).....	13
Cuadro 3.....	(Principales estados productores).....	16
Cuadro 4.....	(Costos de producción en Mexicali y California).....	31
Cuadro 5.....	(Costo de producción por tecnología).....	49
Cuadro 6.....	(Origen y usos de la leche en México).....	59
Cuadro 7.....	(Flujograma de la producción primaria).....	60
Cuadro 8.....	(Flujograma de suministro y mercadeo primario).....	61
Cuadro 9.....	(Flujograma de procesamiento y transformación).....	62
Cuadro 10.....	(Flujograma de distribución y mercadeo de producto terminado).....	63
Cuadro 11.....	(Matriz de coeficientes).....	98
Cuadro 12.....	(Resultados).....	101
Cuadro 13.....	(Análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo).....	109
Cuadro 14.....	(Análisis de sensibilidad para los RHS).....	114

Resumen.

"Análisis de la producción de leche en México, usando Programación Lineal"

Se realizó un estudio sobre la cadena productiva de la leche, para así lograr determinar cual(es) es(son) la(s) tecnología(s) más rentable(s). Ya que la producción lechera en nuestro país está pasando por una crisis de producción y de financiamiento; colocando a México como el principal importador de leche a nivel mundial, siendo ésto una erogación muy significativa para el país. Se empleó la metodología de la programación lineal, utilizando información referente a siete tipos de tecnologías, obteniendo como resultado la utilización de tan sólo tres de ellas: sistema especializado 3, sistema semiespecializado 2 y sistema doble propósito, con una producción anual de 1 825, 3 107.58 y 2 190 millones de litros, respectivamente; necesitando una fuente de financiamiento de \$1 452.7, \$3 294.0356 y \$1 736.6699 millones de pesos, respectivamente. Obteniendo una ganancia neta para los productores de \$48 720.6 millones de pesos. También, mediante el programa se obtuvo la distribución del total de leche disponible en las diversas actividades en las que se utiliza. Los productores necesitan un mejor control y regulación de las importaciones de leche y sus derivados, o al menos que se igualen los apoyos y subsidios que aplican los socios comerciales con México en el TLC y de los países que exportan leche y derivados lácteos a nuestro país.

Summary

"Milk Production Analysis in Mexico, using Lineal Programming"

A survey about milk productive chain was carried out in order to determine which technology was the most profitable. Milk production in Mexico is in crisis both in production and financing, and Mexico is now the main world milk importer and this means a significative expenditure. Lineal programming methodology was used with information of seven kinds of technologies, obtaining the best results with just three or them: specialized system 3, semispecialized system 2 and two-purposes system, with an annual production of 1 825, 3 107.58 and 2 190 million of litres respectively needing a financing of \$1 452.7, \$3 294.0356 and \$1 736.6699 million pesos respectively. The net profit for milk producers was \$48 720.6 million pesos. Also with this programming it was obtained the total distribution of the available milk in the different activities in which it is used. Mexican milk producers need a better control and regulation of milk and dairy products imports or, at least, the aids and grants that trade members put into effect in the FTA and the countries that export milk and dairy products to our country should be similar.

I Introducción.

1.1 Antecedentes.

El ganado vacuno pertenece a la clase de los mamíferos, orden de los artiodáctilos (animales con pezuña hendida) y suborden pécora. Los animales de dicho suborden se caracterizan por tener el estómago dividido en cuatro compartimientos, lo que les permite digerir y aprovechar los forrajes de celulosa. Pertenecen a la familia de los bóvidos caracterizados por tener cuernos huecos, corresponde al género Bos. Los bóvidos domésticos explotados normalmente son de dos especies, una de origen Europeo que es Bos taurus, también llamada Bos typicus primigenius y la otra Bos indicus, comúnmente llamada cebú o, bovino indio.

Se estima que el antecesor de las razas lecheras y carniceras de gran volumen es el Bos primigenius, buey de gran tamaño que existió en Europa. Otros científicos aseguran, sin embargo, que el generador de las modernas razas americanas fue el Bos brachycerus, también llamado buey céltico. El Buey Primiigenius se extinguió en el siglo XVII, hallándose todavía algún superviviente en los bosques del norte de la Europa Central.

A medida que se extendió por el mundo la explotación de la vaca lechera, y la producción de leche se convirtió en una faceta altamente especializada de la agricultura, se idearon nuevos métodos para concentrar y conservar los principios nutritivos de ella a muy largo plazo, asegurando los consumos nacionales y creando un mercado

internacional.

En la mayoría de los países con tradición lechera en el mundo, la calidad de la leche tiene preferencia para usos industriales por su contenido de grasa, característica que se da con mayor proporción en las razas livianas como la jersey, que producen en menor volumen leche, pero con mayor contenido de grasa, acción que sucede inversamente con las razas pesadas como la holstein (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición de la leche de cinco razas bovinas.

Raza	Agua	Proteína	Grasa	Lactosa
Ayrshire	87.11	3.28	4.30	4.91
P. Suiza	86.79	3.51	3.95	5.01
Guernesey	85.76	3.66	4.91	4.95
Holstein	87.93	3.08	3.53	4.78
Jersey	84.96	3.88	5.43	4.99

Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

La importancia de la actividad lechera en México radica en que se tiene alta dependencia de leche y derivados del mercado externo, lo cual nos hace importar aproximadamente el 50% de la leche en polvo que se oferta en el mercado internacional; en 1993 esta importación fue equivalente a 2,462 millones de litros de leche; lo que nos convierte en los primeros importadores de este producto a nivel mundial.

1.2 Planteamiento del problema

Hablar de la leche es hacer mención de uno de los alimentos de mayor contenido nutricional que la naturaleza ofrece al ser humano. Además, de este producto se obtienen diversos derivados que de igual forma contribuyen a la correcta nutrición de la población humana.

Ahora bien, dada la reducida disponibilidad de leche en México y el ingreso económico deteriorado de una importante proporción de la población mexicana, se ha reducido la cantidad de consumidores de leche y sus derivados. Así, en 1989 el 32% de la población consumía leche y sólo el 12% consumía queso. Existen zonas en el país en las cuales la leche es de suma importancia dentro de las familias, pero también se encuentran regiones que no consumen este alimento.

En síntesis, la producción de leche en nuestro país está limitada por:

- los altos costos en la producción de leche especializada,
- bajo nivel de eficiencia productiva y económica en los establos,
- escasa organización gremial entre los pequeños productores,
- baja calidad de la leche y poca diversidad de productos,
- sistemas de producción poco rentables,
- dependencia creciente del exterior
- escasos programas de fomento,

- poca vinculación con los sectores primario y secundario del sistema,
- la alta estacionalidad en su producción,
- la producción y calidad de los forrajes,
- la baja calidad genética del ganado,
- costo y disponibilidad de créditos,
- la salud animal,

Éstas son sólo algunas causas por las cuales nuestro país no ha alcanzado un mayor nivel de desarrollo en la producción de leche.

El presente trabajo se enfocará a analizar la producción de leche en México con el fin de determinar cual(es) es(son) la(s) medida(s) a implementar más apropiada(s) para optimizar dicha producción, utilizando como herramienta la programación lineal.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general

Integrar en un sistema general de análisis sobre la cadena productiva de la leche, la etapa de la producción, estableciendo los elementos de selección tecnológica que identifiquen las líneas más rentables.

1.3.2 Objetivos particulares.

1.- Determinar los requerimientos financieros agregados para habilitar los sistemas de producción de leche que satisfagan una demanda global determinada.

2.- Analizar el grado de competitividad desde el punto de vista de la relación costo-precio de los sistemas de producción especializado, semiespecializado y doble propósito.

3.- Aportar una base de análisis que pueda ser aprovechada para integrar una descripción sistemática de la cadena productiva de leche, para mejorar la competitividad interna de los productores.

1.4 Hipótesis.

Por sus características de rentabilidad y tecnología, la producción de leche a través del sistema especializado, puede presentar una opción más viable para el aumento de la productividad de la explotación de campo.

La consolidación de los sistemas tecnológica y económicamente más adecuado para incrementar la producción lechera, requieren un apoyo financiero importante que rebaza las posibilidades internas del sector y que requiere un apoyo exterior a tasas y condiciones más favorables.

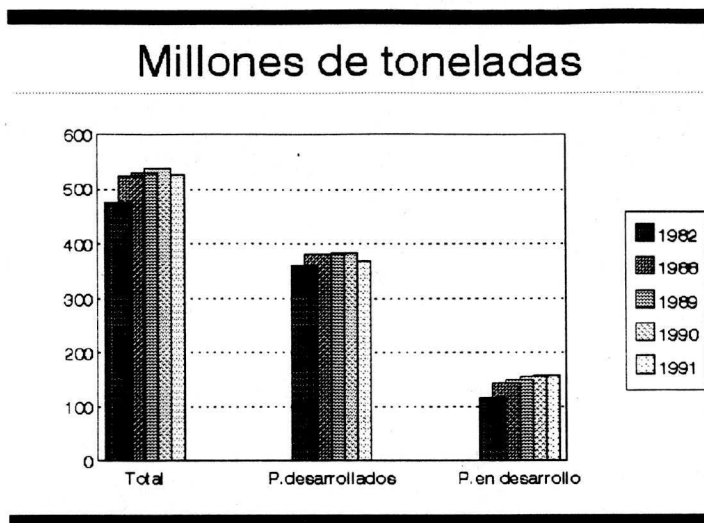
II Marco de referencia.

2.1 Producción mundial de leche.

2.1.1 Agrupación por nivel de desarrollo.

Durante el decenio 1982-1991 la producción mundial creció en 10.6%, pasando de 476.1 millones de toneladas a 526.7 millones de toneladas. En los países en desarrollo en especial los de Centro y Sudamérica y algunos del Continente Asiático, el crecimiento fue de 36.3%, pasando de 116.3 a 158.3 millones de toneladas; y en los países desarrollados que básicamente considera los pertenecientes a la Comunidad Económica Europea, los EUA y Canadá, fue de sólo 2.3% pasando de 359.8 a 368.2 millones de toneladas. Se estima que 36% de la producción se consume como leche fluida, el resto se industrializa (Gráfica 1).

Gráfica 1. Producción mundial de leche.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

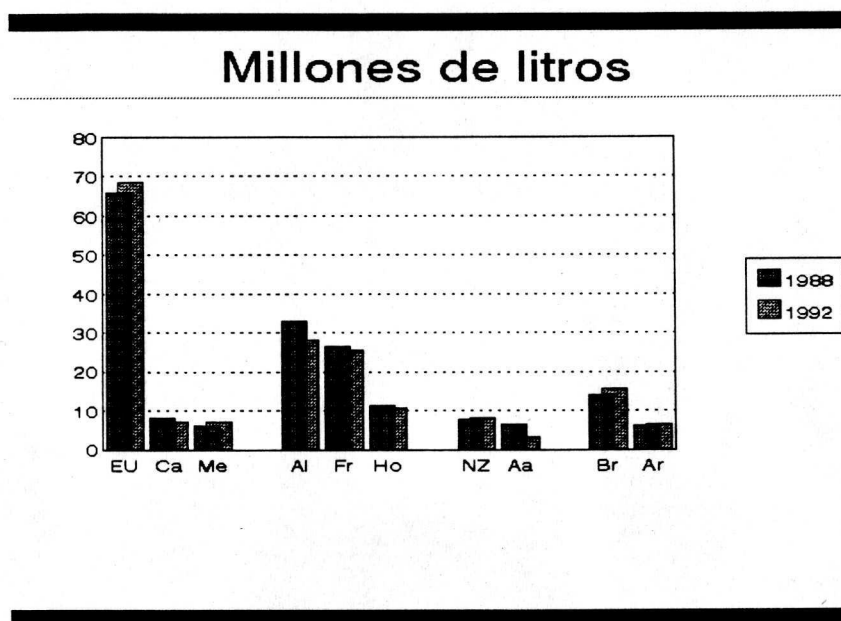
2.1.2 Países líderes.

Entre 1988 y 1992 la producción mundial de leche disminuyó 4.3% entre los países líderes. Las reducciones más notables por bloque económico fueron en la Comunidad Europea con 5.5%, Europa Oriental 3.4% y la Comunidad de Estados Independientes 20.2%. El resto del mundo ha aumentado su producción destacando Sudamérica con 11.5%, Asia 38.6%, Oceanía 13.6% y Norteamérica con 4.9%.

Entre los países seleccionados en el lustro citado, Canadá redujo su producción en 14% y Alemania en 15%. Por otro lado, México Brasil y Nueva Zelanda aumentaron su producción en 13, 11 y 6% respectivamente. El resto de los países considerados tuvieron incrementos (EUA) o decrementos (Francia y Holanda) moderados (alrededor de 4%).

En 1992, a nivel mundial México ocupó el décimo sexto lugar entre los países productores de leche con una producción de 6,970 millones de litros.(Gráfica 2).

Gráfica 2. Países líderes en la producción lechera.

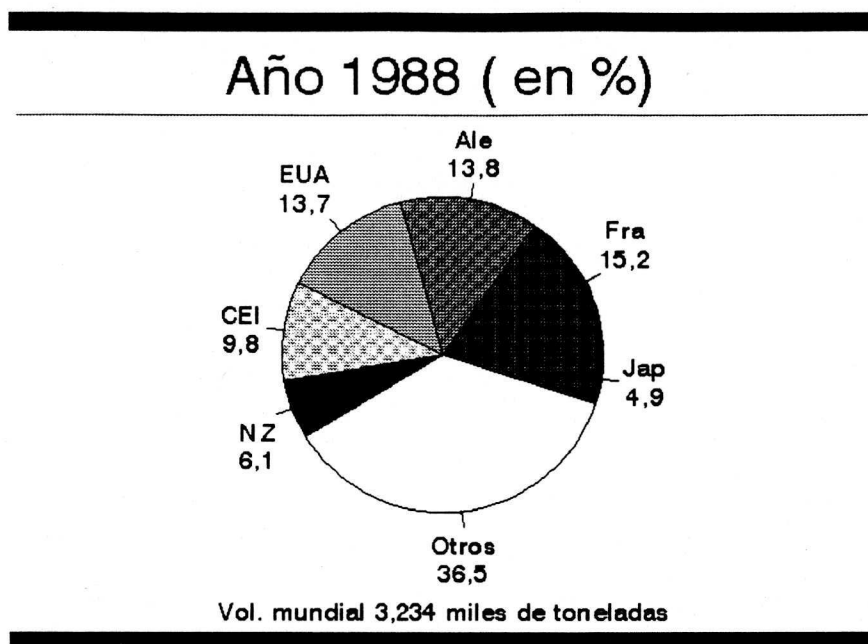


Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.1.3 Producción de leche en polvo.

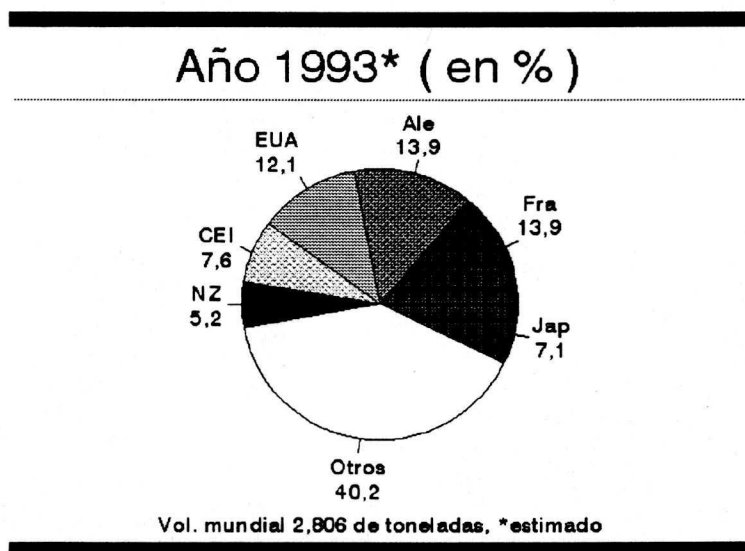
De 1988 a 1993, la producción de leche en polvo decreció en 13.2%, particularmente en los países líderes, pasando de 3,234 a 2,806 mil toneladas. En la Comunidad Económica Europea la producción bajó 13%, en Canadá y EUA también descendió en 43% y 23%, respectivamente. En Oceanía, la producción de leche en polvo se ha estabilizado. Entre las grandes importadores la producción está creciendo como medida de protección de su mercado y de su industria, destacando Japón con 26% y Brasil con 100% (Gráfica 3a y 3b).

Gráfica 3a. Participación en la producción de leche en polvo de los principales países productores en 1988.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

Gráfica 3b. Participación en la producción de leche en polvo de los principales productores en 1993.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.2 Comercio Mundial.

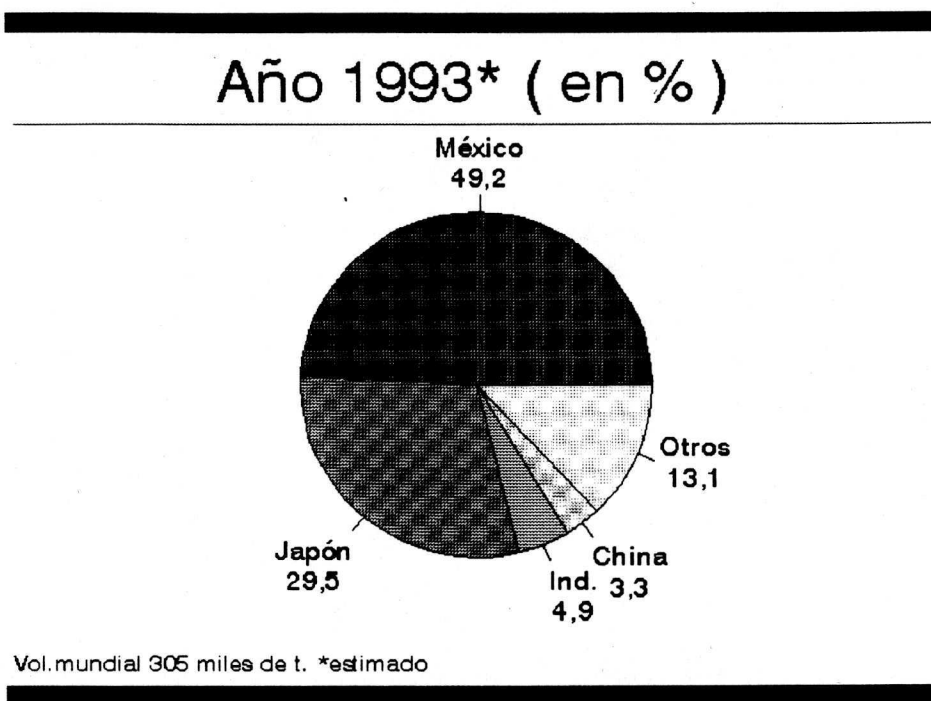
2.2.1 Importaciones de leche en polvo.

En 1988, México ya ocupaba el primer lugar como importador de leche en polvo del mundo, con 200 000 t., seguido por Japón con 130 000 toneladas.

Para México, la importación de leche representa un alto costo y una fuerte fuga de divisas, debido al incremento en el precio de la leche en polvo, y, por otro lado no se otorgan ventajas comerciales en las compras, ya que éstas se hacen al contado.

En 1993 las importaciones de leche en esta presentación, 305 mil toneladas, aumentaron al compararse con las de 1988, este incremento es debido en parte a que el costo de transporte se abarata en forma de leche en polvo. México, en 1993, disminuyó un 32% respecto de 1988; aunque su máximo volumen histórico de importación lo alcanzó en 1990 con 288 mil toneladas; sin embargo, la participación de México en el comercio lo continúa colocando como el primer cliente mundial en la compra de este producto. (Ver Gráfica 4).

Gráfica 4. Importaciones de leche en polvo.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.2.2 Exportaciones de leche en polvo.

La Comunidad Económica Europea en 1988 comerció más de la mitad de la leche exportada en el mundo, 627 mil toneladas. Sin embargo, los países grandes productores, son los principales exportadores, y a su vez son quienes fijan los precios a nivel internacional.

En 1993 la exportación de leche, que fue de 785 mil toneladas, disminuyó en 35% respecto de 1988, que en este año fue de 1212 mil toneladas. La Comunidad Económica

Europea redujo su participación en el comercio mundial en 15 puntos. En general los grandes exportadores siguieron la misma tendencia hacia la baja.(Cuadro 2).

Cuadro 2. Exportaciones mundiales de leche en polvo.

País	Vol.1988	Vol.1993*
C.E.	627	276
Austria	75	140
N. Zelandia	183	130
EUA	189	125
Polonia	--	50
otros	138	64
Miles de ton.	1212	785

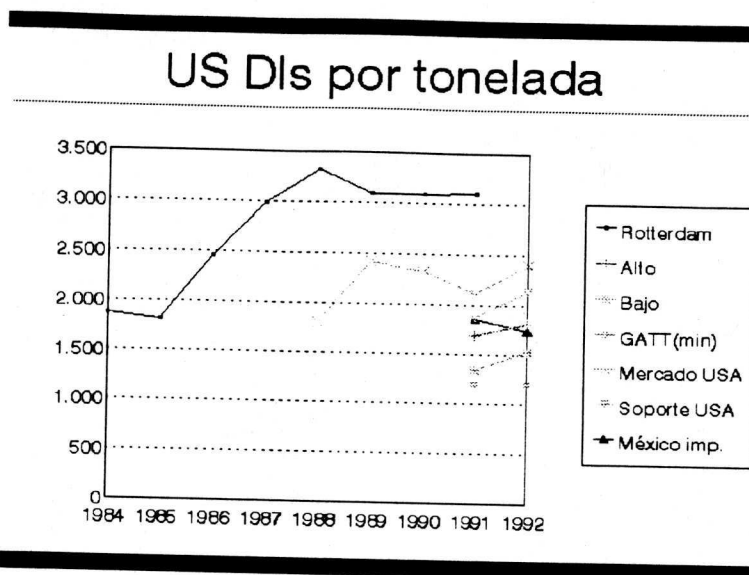
*Estimado

Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.2.3 Precios internacionales de la leche en polvo.

Los precios de la leche deshidratada muestran variaciones notables según la fuente y su origen. Se observa un crecimiento en los precios entre 1985 y 1988-89, al pasar de 1822 a 3098 US Dls por tonelada; se estabiliza en 3096 US Dls por tonelada durante 1989-1991 y presenta signos de repunte en 1992. (Gráfica 5).

Gráfica 5. Precios internacionales de la leche en polvo.



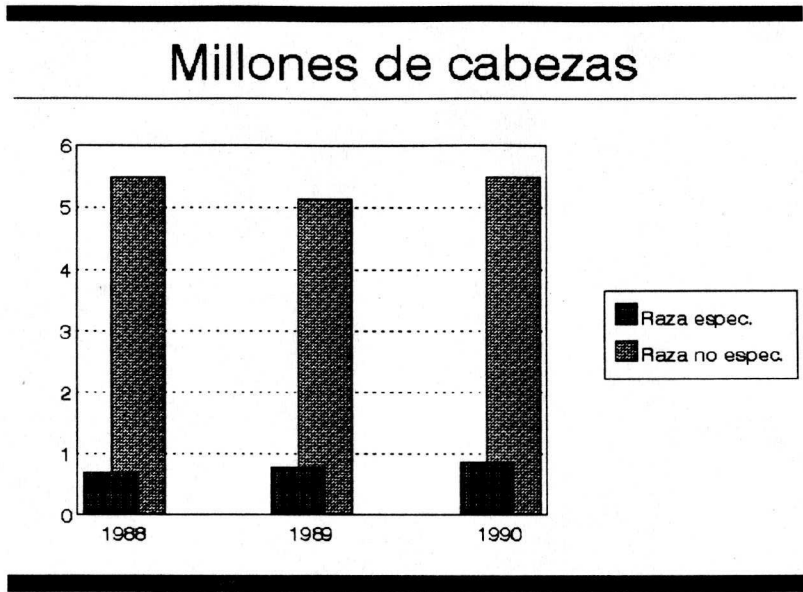
Fuente: FIRA. Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.3 Producción nacional de leche.

2.3.1 Producción nacional e inventarios ganaderos.

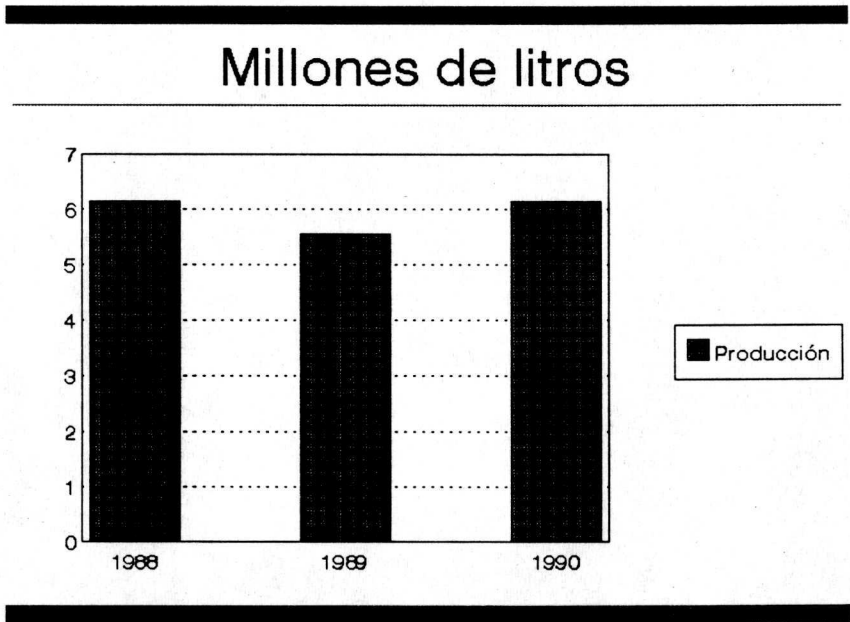
Entre 1985 y 1989 la producción disminuyó 23% (7,173 vs 5,577 millones de litros). En 1989 la producción de leche bajó 9% respecto de 1988, pasando de 6159 a 5577 millones de litros; sin embargo, los inventarios de ganado de razas especializadas aumentaron 11% y las no especializadas disminuyeron 7%. En 1990 la producción se recupera y alcanza un volumen similar al de 1988 obteniendo un crecimiento de 10% respecto de 1989; por su parte, los inventarios de ganado en lechería especializada crecen 22 y 10% respecto de 1988 y 1989 (Gráficas 6a y 6b).

Gráfica 6a. Inventario ganadero.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

Gráfica 6b. Producción nacional de leche.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.3.2 Principales estados productores.

Los estados que sobresalen en la producción lechera por su tasa de crecimiento anual, en el periodo 1990-1992, son: Coahuila y Chihuahua, en el norte del país; Aguascalientes y San Luis Potosí en el centro; Jalisco en occidente, Veracruz en el oriente y Chiapas en el sureste (Cuadro 3).

En el cuadro 3 se observa a los principales ocho estados productores durante el periodo 1990-1992: Veracruz y Chihuahua tienen el crecimiento más alto con 10.7% y 10.6% respectivamente. Siguen en importancia Aguascalientes con 8.9% y San Luis Potosí con 8.8%. El crecimiento menor corresponde a los estados de México y Chiapas con tasas de crecimiento de 2.8% y 5.8% respectivamente.

Cuadro 3. Principales estados productores.

Producción (en millones de litros)				
Estado	1990	1991	1992	TMC%
Jalisco	1120	1184	1221	6.3
Veracruz	550	597	644	10.7
Chihuahua	467	546	510	10.6
México	304	410	409	2.8
Coahuila	326	393	407	8.4
Aguascalientes	183	206	218	8.9
San Luis Potosí	247	263	279	8.8
Chiapas	201	204	217	5.8

TMC%: Tasa Media Crecimiento (%).

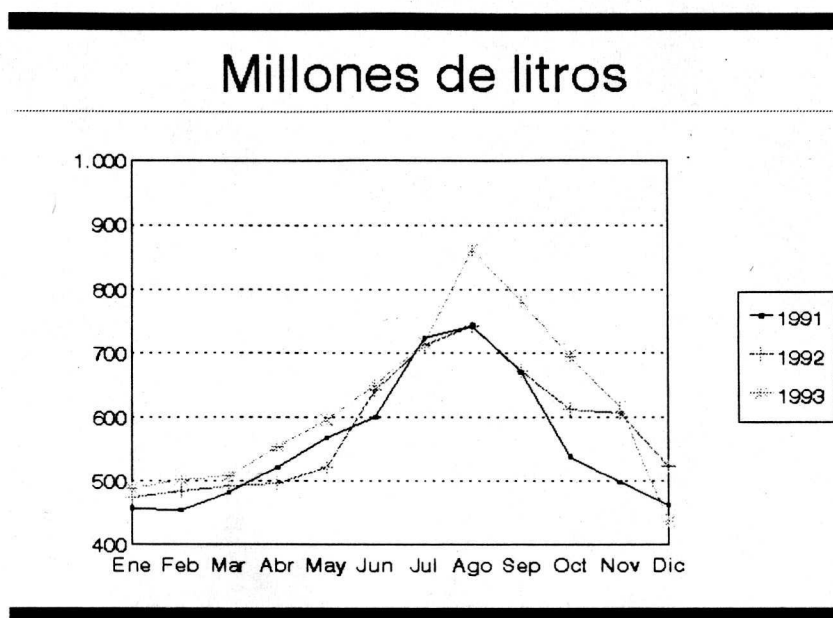
Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.3.3 Estacionalidad.

La producción de leche, especialmente la proveniente del sistema doble propósito, tiende a ser mayor en el segundo semestre del año, debido a la dependencia que tiene de la producción de forrajes en la temporada de lluvias. En promedio, durante el período 91-93 en el segundo semestre, se produjo casi el 55% del total anual. Las máximas producciones se reportan en el mes de agosto y las mínimas en enero, con diferencias de alrededor del 60%.

De acuerdo a información de la Confederación Nacional Ganadera (Departamento de Estudios Económicos) los estados donde prevalecen los climas áridos o templados, producen tres cuartas partes de la leche en México, ya que en 1992 se obtuvo un volumen en éstos de 5,338 millones de litros. Por otra parte, en los estados donde prevalecen climas tropicales se produce 24% de la leche nacional, significando para el año citado una producción de 1,636 millones de litros. (Gráfica 6c).

Gráfica 6c. Estacionalidad de la producción.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

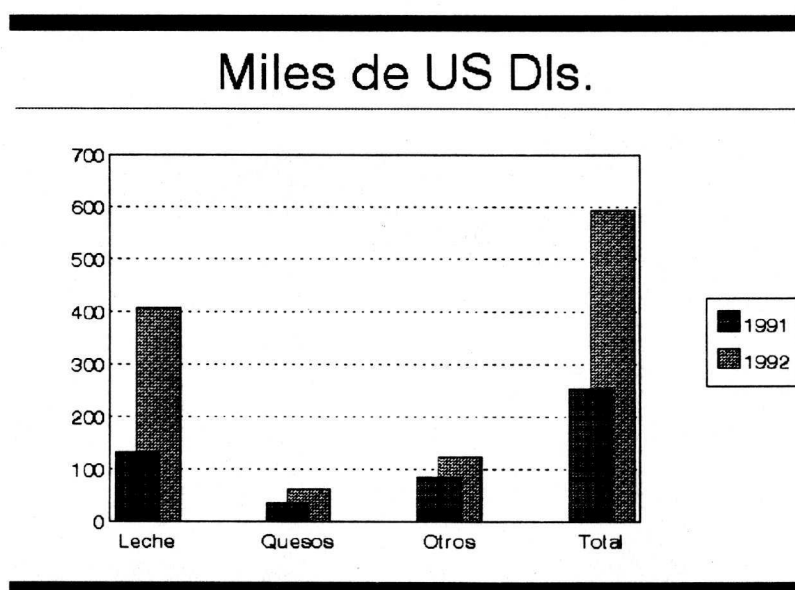
2.3.4 Importaciones de leche y productos lácteos.

En 1992, México importa 150 mil toneladas de leche en polvo lo que significa una disminución respecto del máximo volumen histórico importado (288 mil toneladas en 1990). La importación total de derivados lácteos expresada en su equivalente en litros de leche, se incrementó en 63% entre 1988 y 1992. Esto se debe a la creciente compra de productos procesados, buena parte de ellos en preparaciones listas para la adquisición directa por el consumidor, desde luego a precios menores que los productos mexicanos. El ganado importado representó en 1992 un volumen de 41,033 cabezas con un valor de 4 881 000 dólares, siendo aproximadamente el 15% de las hembras que

anualmente se incorporan al hato lechero nacional, la mayor parte de animales para el reemplazo de desechos y muertes, y el resto para incremento de pies de cría.

Los principales productos de intercambio comercial de EUA hacia México en el periodo 1991-1992 son básicamente: leche en polvo descremada (Gráfica 7), quesos y otros (vaquillas de reemplazo y equipo para manejo de ganado). México exporta volúmenes insignificantes de leche en polvo y quesos principalmente hacia América Central.

Gráfica 7. Valor de las importaciones.



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994
Leche: Leche fluida, en polvo, evaporada o condensada.
Otros: yogur, suero, mantequilla y otros.

2.4 Competitividad de la producción de leche.

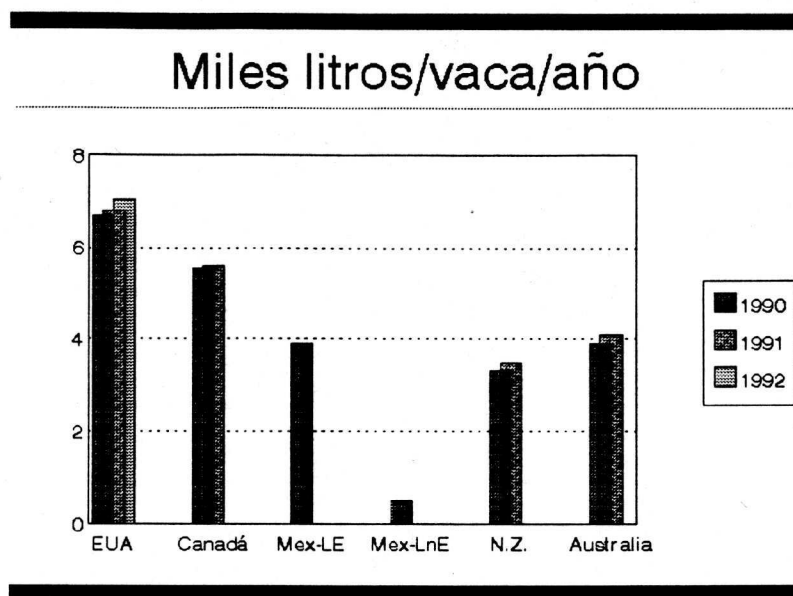
2.4.1 Producción anual de leche por vaca.

La estructura y componentes de la lechería especializada en México son parecidos a los del sur y sureste de los E.U.A., sin embargo, la producción promedio anual de leche en México por vaca es 42 y 30% inferior a la obtenida en los E.U.A. y Canadá, y es similar a la obtenida en Australia y Nueva Zelanda. En estos dos países el costo de producción y el precio recibido por los productores es de alrededor de la mitad de lo obtenido por los ganaderos mexicanos, mientras que los precios al productor en los E.U.A. y México están prácticamente alineados.

Aunque la lechería no especializada tiene bajos rendimientos unitarios, en general, el producto se obtiene con costos marginales a la producción de novillos, que es el principal propósito de los ranchos; esto la hace altamente competitiva en lo que a costos se refiere.

Comparación entre países. 1990-1992 (Gráfica 8).

Gráfica 8. Comparación entre países en producción anual de leche por vaca (1990 - 1992).



Nota: Los datos de México en 1991 y 1992 no estan disponibles, y los de N. Z. y Australia en 1992. Las cantidades estan es miles de litros.

LE: Lechería especializada.

LnE: Lechería no especializada.

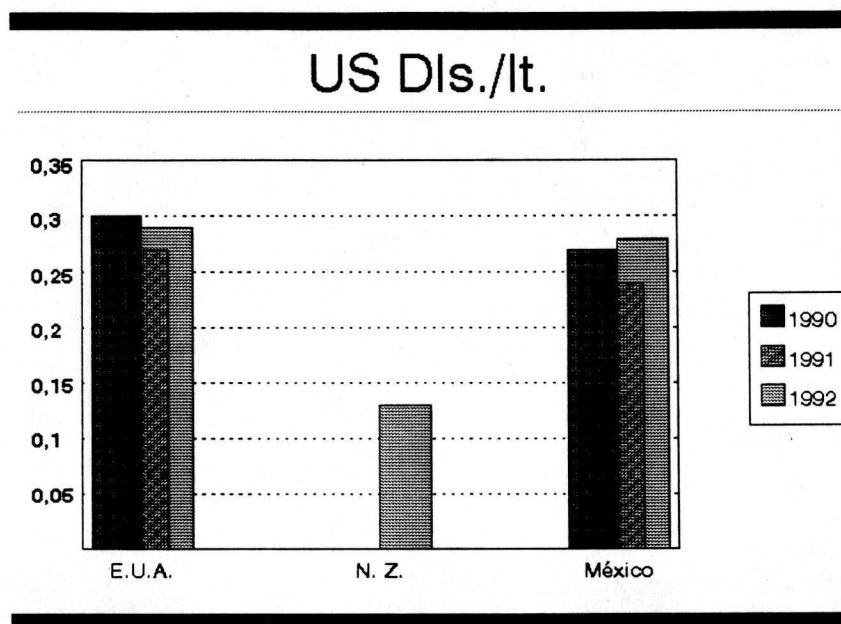
Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las cadenas Productivas, 1994.

2.4.2 Precios de la leche al productor.

El precio de la leche al productor en los Estados Unidos en 1990 estaba en 0.30 dólares por litro, en 1991 a 0.27 dólares por litro y en 1992 a 0.29 dólares por litro. En Nueva Zelanda en 1992 estuvo a 0.13 dólares por litro; en México en 1990 estuvo a 0.27 dólares por litro, en 1991 a 0.24 dólares por litro y en 1992 a 0.28 dólares por litro.

Comparación entres países. 1990-1992 (Gráfica 9).

Gráfica 9. Comparación entre países en precios de la leche al productor (1990 - 1992).



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

Nota: Los precios de N. Z. en 1990 y 1991 no estan disponibles.

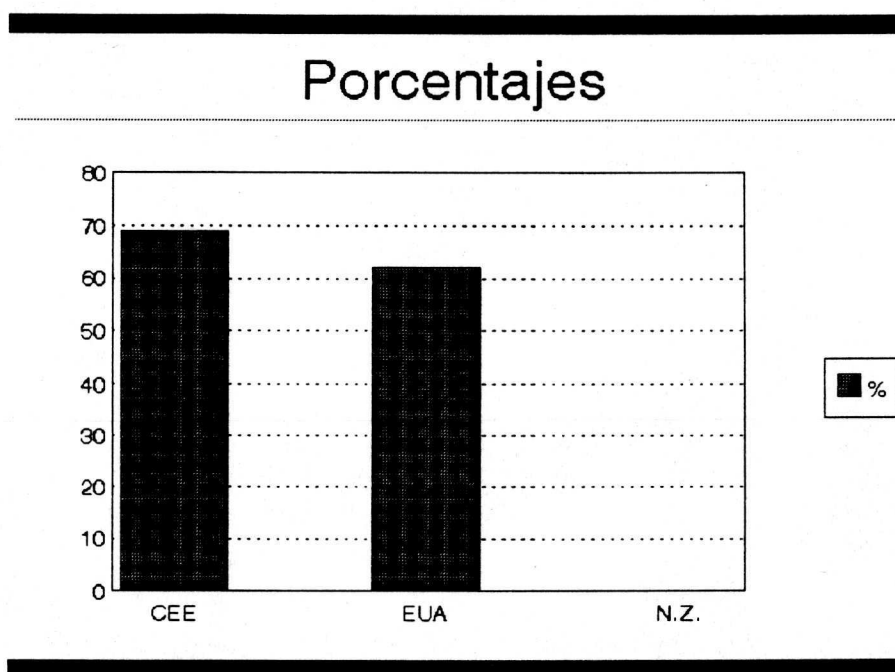
2.4.3 Subsidio al productor.

Respecto de apoyos recibidos de los gobiernos destaca el hecho de que los productores son fuertemente subsidiados en los países desarrollados. En Nueva Zelandia la leche para la industria no tiene subsidios; en la Comunidad Económica Europea en los años de 1990 a 1992 el subsidio fue de un 69% y en los Estados Unidos , en el mismo

periodo es del 62%.

Comparación entre países, Gráfica 10.

Gráfica 10. Subsidio del costo de producción al productor (1990-1992).



Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

2.5 Principales regiones lecheras.

A continuación se presenta un análisis de la estructura de apoyos al sector lechero, en las principales zonas productoras de leche y sus derivados en el mundo.

2.5.1 Comunidad Económica Europea (CEE).

La CEE es la región productora más grande del mundo, contando con una cuarta parte de la oferta mundial y casi con la mitad de las exportaciones de productos lácteos. De ahí que las decisiones estratégicas de la CEE, influyan para determinar los precios de la leche en polvo, y de otros productos lácteos comercializados internacionalmente.

La agricultura sigue siendo en numerosas zonas de la Comunidad, un factor fundamental para el mantenimiento de una estructura social y económica equilibrada. La producción de leche, representa cerca de la quinta parte del valor total de la producción agropecuaria de la CE, y emplea cerca de un millón de granjeros. Al mismo tiempo, los establos lecheros se encuentran situados en regiones, donde las alternativas del uso de la tierra son limitadas; ésto motiva presiones políticas y para mitigarlas se estableció una política agrícola común (PAC) que provee un ingreso estable al ganadero. (Ver 7).

El sistema de "precios objetivos" para el productor, es el elemento clave de la política de la CEE. El "precio objetivo" es el precio de la leche que se precisa para proporcionar al productor europeo un ingreso justo; éste es determinado en las negociaciones anuales entre la Comisión y el Consejo de la CEE y es aplicable del 1o. de Abril al 31 de Marzo del siguiente año.

La PAC determina desde la producción hasta la comercialización de la leche a través de: apoyos a los precios y compras por parte de los gobiernos, control de la producción, control de importaciones, apoyo a las exportaciones.

Las entidades interventoras que operan en cada país miembro, están obligadas a comprar, hasta un nivel preestablecido de inventarios, la LDP (leche descremada en polvo), la mantequilla y el queso que se les ofrezca a precios de intervención, con el fin de estabilizar el precio de la leche líquida. En el caso de la LDP el mecanismo de intervención es abolido anualmente de Septiembre a Febrero y se puede cancelar si los inventarios exceden 106,000 toneladas. Los precios de intervención de la LDP se redujeron en un 15% durante 1991, haciendo que los precios mundiales se incrementaran.

La CEE ha buscado diferentes maneras de controlar la producción, como las cuotas de comercialización con precios inferiores para la producción excedente de las cuotas. Así mismo, las entregas de leche por encima de la cuota están sujetas a un impuesto. La presión de la oferta en 1990-1991 provocó que se redujeran los derechos a cuotas para 1991-1992 en poco más de 2%, ocasionando que los precios internacionales para LDP subieran al proyectarse una reducción en la producción de leche líquida del 1% para llegar a 114.5 MM de toneladas.

Dado que los precios pagados dentro de la CEE están por arriba de los mundiales, se

imponen aranceles variables a la importación; así se establece un precio umbral y la diferencia entre el precio de importación y el de umbral es el valor del impuesto.

Otra forma en que el sector lechero de la CEE es soportado, es a través de subsidios variables a las exportaciones. Estos subsidios son equivalentes a la diferencia entre los precios internos del mercado de la Comunidad Económica Europea y los precios mundiales del mercado, menos los costos de transporte y comercialización. Los subsidios se pagan directamente a los exportadores privados con licencias. Al ser la CE el exportador más grande de leche, sus políticas de subsidios a las exportaciones afectan los precios mundiales.

2.5.2 Estados Unidos (EU).

Los productos lácteos representan cerca del 13% del total de ingresos de los productores agropecuarios de Estados Unidos. (Ver 7).

La producción de leche en EU durante 1991 fue de 67.4 MM de toneladas, de las cuales se consumieron 26 MM de toneladas de leche líquida. EU es la segunda región productora de LDP con 410,000 toneladas, pero durante 1991 únicamente exportó 30,000 toneladas.

La leche en EU se clasifica en grado A, para consumo humano, la cual abarca cerca del

90% de la oferta total, y grado B para el consumo animal. La leche de grado A, a su vez se subdivide en:

- Clase I para producir lácteos líquidos.
- Clase II que se emplea para productos manufacturados suaves como crema, queso "cottage" y yogur.
- Clase III usada para elaborar productos duros como queso cheddar, mantequilla, leche en polvo.

En EU, el sector lechero está más reglamentado que cualquier otro sector de la industria agropecuaria. El gobierno interviene en este sector principalmente mediante cinco programas:

- Ordenes federales de comercialización de leche
- Programa de apoyo del precio de la leche
- Cuotas de importación de leche
- Corporación de Crédito Comunitario (CCC)
- Programa de incentivos a Exportaciones Lecheras (DEIP)

A continuación se describen las características principales de estos programas.

Ordenes Federales de Comercialización de Leche.

El programa de órdenes federales de comercialización de leche, es un mecanismo estabilizador de los mercados de leche cruda, y comprende la clasificación, el establecimiento de precios, auditorías y bolsa de productos. Unicamente la leche grado A califica en este programa. Las órdenes establecen precios mínimos de sostenimiento tanto para la leche fresca como para la industrializada. El precio de fabricación Minesota-Wisconsin (M-W) se toma como fórmula básica para todas las órdenes y es el precio mínimo de la clase III. A los productores, en todas las órdenes, se les paga un precio promedio ponderado que se calcula dividiendo el total de pagos de toda la leche clasificada utilizada, entre la cantidad total de leche comprada. Casi el 70% de la leche producida en EU se maneja según las órdenes federales de comercialización de la leche. En Marzo de 1992, el precio M-W fue de \$10.98 por cien libras (US\$0.24 el litro).

Programa de Apoyo del Precio de la Leche.

El apoyo al precio de la leche, se realiza a través de compras del gobierno a precios específicos de productos procesados, tales como leche en polvo, mantequilla y queso cheddar. El precio que el gobierno paga para estos productos, se basa en lo que debe recibir el productor más los costos de procesamiento.

Cuotas de Importación de Leche

La ley permite imponer cuotas y derechos sobre importaciones. Existe una cuota actual para productos lácteos, situándose en 2.24 MM de libras (cerca del 2% de la producción de leche y derivados lácteos estadounidense) en 1992. Existen también aranceles sobre las importaciones pero éstos son relativamente bajos.

Además, existen varios programas para promover las exportaciones de productos lácteos como la Corporación de Crédito Comunitario (CCC) y ventas de gobierno a gobierno (tradicionalmente, México ha sido un cliente importante para estas exportaciones, las cuales se realizan entre USDA y CONASUPO).

Corporación de Crédito Comunitario

Este programa tiene importancia en el mercado mundial, ya que el gobierno se rehusa a vender grandes cantidades de productos almacenados en el mercado doméstico, por temor a que los precios internos se vean afectados, ocasionando que el gobierno haga donaciones o subsidie las ventas de estos productos a mercados internacionales.

La CCC adquiere mantequilla, queso y leche deshidratada sin grasa para apoyar el nivel de precios de la leche de establo. Los precios de estos productos están relacionados con el precio mínimo de la leche, a través de factores específicos de rendimiento del

producto y los márgenes de procesamiento. Puesto que la CCC compra los productos de apoyo, los precios pagados en realidad por los procesadores de leche a los productores del lácteo, no son regulados directamente por el programa. Durante el primer cuatrimestre de 1992, las compras directas a través del CCC, fueron de cerca de 4,800 millones de libras (o 2,179 MM de Kg. en equivalente de grasas de leche).

Programa de Incentivos a Exportaciones Lecheras

EU también tiene un Programa de Incentivos a Exportaciones Lecheras (DEIP), el cual ofrece certificados que se pueden convertir en efectivo o certificados de subsidio, para hacer los productos norteamericanos competitivos con los productos subsidiados de la CEE. Actualmente, México es elegible para 25,000 toneladas de leche en polvo bajo este programa.

Observar el costo de producción y el precio que se le paga al ganadero de leche en EU puede ser útil para ubicar la productividad del sector lechero nacional y su posible competitividad con respecto al exterior. En el cuadro siguiente (cuadro 4) se muestran los diferentes costos de producción (para EUA y México) en condiciones similares de clima e instalaciones.

Cuadro 4. Costos de Producción por litro de leche en Mexicali y California en 1992.

Costos de Operación	Mexicali B.C. US\$/100 lb	%	California US\$/100 lb	%
Alimentación	7.04	51.1	6.21 1)	54.5
Mano de Obra	1.26	8.8	1.18	10.
Reemplazo de hato	2.46	16.9	0.86	7.
Otros gastos				
Costos de ocupación	0.41	2.8	0.41	3.6
Reparac. y Manto.	0.10	0.7	0.34	3
Transporte/leche	0.30	2.1	0.31	2.7
agua, gas, elect.	0.05	0.3	0.25	2.2
Accesorios	0.25	1.7	0.24	2.1
Veterinario	0.35	2.4	0.23	2.0
Asociaciones	0.12	0.8	0.21	1.8
Depreciación	0.19	1.3	0.19	1.7
Diversos	0.25	1.7	0.25	2.2
Impuestos	0.10	0.7	0.00	0
Gasto Financiero	1.24	8.5	0.71	6.2
Total	14.54	100.0	11.39	100
Costo litro de leche (US\$)	0.32		0.25*	

Fuente: Revista Carne y Leche, Abril 1992.

1) El valor del grano y otros concentrados promedios en EU en Abril fue de US\$7.74 USDA.

*El costo de producción promedio de un litro de leche en EU en 1991 fue de US\$0.28

Los costo de alimentación son más elevados en México, ya que gran parte del alimento es importado. Contrario a lo que pudiera esperarse, la mano de obra es más barata en EU, porque una sola persona se puede hacer cargo de 100 a 150 vacas, mientras que el mismo establo en Mexicali emplearía 15 personas. Los costos de reemplazo son mayores en México, debido principalmente a la alta tasa de mortalidad, a una tasa menor de reproducción y a la necesidad de comprar vaquillas de reemplazo en el extranjero.

Por último, los gastos financieros son menores en EU, alrededor del 6%, ya que los ganaderos tienen acceso a financiamientos preferenciales y las tasas de interés en México son mayores.

Los ganaderos lecheros en EU presentan una situación financiera favorable. En promedio reciben utilidades netas del 18% sobre las ventas, lo que les permite invertir en oportunidades de expansión, tener índices de liquidez del orden de 3 y presentar un apalancamiento de 0.25. Cabe mencionar que los establos con ventas mayores de US\$250,000 mostraron ganancias, mientras que los establos con ventas entre US\$40,000 y US\$250,000 tuvieron pérdidas (Ver 7).

El precio promedio que se le pagó al ganadero lechero en EU fue de US\$12.23 por 100 lb. (\$0.27 por litro) en 1991 y de US\$13 por 100 lb. (\$0.29 por litro) durante el primer trimestre de 1992.

Para tener una idea del valor de los subsidios que otorga EU, basta ver lo que costaría reconstruir un litro de leche LDP y compararlo con lo que se le paga al ganadero por producirlo.

2.5.3 Nueva Zelanda

Nueva Zelanda es el segundo país exportador de productos lácteos, superado solamente por la CEE. Aproximadamente destina el 90% de su producción a la fabricación de productos lácteos, de los cuales exporta el 90%. La producción, fabricación y comercialización de la leche está coordinada por el Comité de Lecherías de Nueva Zelanda, que es la empresa exportadora más grande del mundo.

Nueva Zelanda es el productor con costos más bajos a nivel mundial (ver 7); su ventaja de casi el 50% se debe a la alimentación vacuna basada en pastoreo y a un clima que no obliga a resguardar el ganado. Esta ventaja en costos le permite establecer los precios de los productos lácteos según el mercado.

Los productores de leche reciben un apoyo limitado a través de subsidios para fertilizantes, préstamos para el desarrollo rural y servicios de salubridad animal, inspección, etc.

2.5.4 Canadá

El sector lechero de Canadá contribuye con más del 20% del ingreso total agropecuario, siendo la industria lechera canadiense una de las más protegidas mundialmente. La política canadiense para los productos lácteos comprende apoyo a los precios domésticos, cuotas de producción, controles de importación y subsidios de exportación.

Para establecer un ingreso mínimo en la industria lechera, mensualmente se establece una ganancia mínima para la leche industrial, basada en los costos de producción de los agricultores. Esta ganancia se apoya mediante compras de intervención de productos lácteos. Al mismo tiempo, se le da un subsidio directo a los productores que equivale a un 10% de la ganancia mínima.

Canadá tiene establecidas cuotas de leche líquida e industrial. Dichas cuotas se otorgan con base en la historia de participación en la producción y pueden ser subastadas. La multa por exceder las cuotas es 75% de la ganancia mínima establecida, y la producción extra no elegible para el subsidio.

Las exportaciones planeadas de productos lácteos, están subvencionadas mediante un impuesto sobre la cuota en todas las ventas de leche para procesamiento. Bajo un convenio existente, los EU y Canadá han acordado no vender productos lácteos subsidiados en el mercado del otro país.

2.5.5 Australia

Australia es el tercer país exportador de leche en polvo con el 15% de participación en el mercado. Cerca del 40% de leche que se produce en Australia se exporta, siendo leche en polvo el principal artículo seguido por el queso y la mantequilla. Las exportaciones de productos lácteos son controladas por la Corporación Lechera

Australiana (CLA). A principios de 1992, CLA anunció la reducción gradual de asistencia dada a la industria lechera, incluyendo la eliminación de los subsidios a la exportación.

El sector de la leche líquida está controlado por los estados. En éstos existen cuotas individuales para los productores. En las ventas domésticas se impone un arancel igual a la diferencia entre el precio al mayoreo doméstico y el precio promedio de exportación más bajo. Esto hace que las ventas domésticas sean igual de rentables que las de exportación. Si los ingresos del ganadero descienden de un nivel predeterminado, el Estado les hace un pago suplementario.

2.6 Marco regulatorio: El Tratado de Libre Comercio.

En el Tratado de Libre Comercio (TLC), Canadá ha considerado prioritaria su protección, excluyendo desde el principio su sector lechero, por lo que el acuerdo solamente fue entre los E.U.A. y México (Ver 2).

Con los Estados Unidos se fijó una cuota de 40 mil toneladas de leche en polvo, dentro de las cuales las importaciones no tendrán un arancel. Para los volúmenes excedentes habrá un arancel compensatorio equivalente a 139% ad valorem, con el que se pretende equilibrar la distorsión de los precios internacionales.

La negociación para ese producto fue la siguiente:

- i) 1,160 UD Dólares por tonelada métrica,
- ii) El arancel se desgravará en 24% en 6 años a partir de 1994 y en 76% durante los siguientes 9 años; de manera que el período total de desgravación será de 15 años,
- iii) La cuota de salvaguardar podrá tener un crecimiento de 3% anual. Es importante mencionar que la cuota de salvaguardar, la elevada tarifa arancelaria y el período de desgravación de 15 años únicamente es aplicable a la leche en polvo o pastilla (en sus fracciones 14021001 y 04022101 que se diferencian sólo por el contenido de

grasa). Este producto en 1992 representó 52% del valor y 63% del volumen de las importaciones mexicanas de leche y sus derivados.

La leche fluida, azucarada, evaporada, condensada y los quesos (excepto el fresco con arancel de 40%), mantequilla, yogur, sueros, helados, etc., no gozarán de protección en lo que a cuota de salvaguardar se refiere y con un arancel de 10 ó 20% tienen un plazo de desgravación de 10 años. En estas circunstancias, se prevee una fuerte competencia, la cual en la actualidad ya se está dando, sobre todo en productos de alto valor agregado. Es claro que los productores, industriales y comerciantes norteamericanos, están preparando el terreno y concentrando esfuerzos de exportación de productos terminados hacia México, aprovechando las preferencias de consumo que tienden a beneficiarlos.

En cuanto a reglas de origen, se convino que los productos a exportar deberán ser elaborados con insumos de la región, o sea que deberán contener materias primas y ser procesados en el país de origen sin proceder de terceros países. Sin embargo, a pesar de que México importa leche de los E.U.A. lo hace en mayor proporción de la CEE en virtud de acuerdos anteriores en el GATT, con lo que queda abierta la puerta para grandes volúmenes de importación.

Bajo las condiciones descritas, la lechería mexicana debe protegerse ante prácticas desleales, promover y reforzar la organización entre los empresarios participantes en el

sistema leche, así como modernizar y reconvertir las tecnologías de producción, proceso y servicios para hacer empresas rentables y competitivas.

III El producto leche: Generalidades y sus derivados.

La leche de vaca es la más abundante y la de mayor consumo en el mundo.

El Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos de Norteamérica define la leche así: "Secreción láctea, prácticamente libre de calostro, obtenida por ordeña completa de una o más vacas en buen estado de salud; dicha secreción láctea debe tener no menos de 8.25% de sólidos no grasos de leche"¹.

La razón para fijar el mínimo de grasa y de sólidos no grasos, es que el valor nutritivo de la leche depende en gran parte de la combinación de estos dos; debe aclararse, que la definición de leche varía un poco entre un estado y otro, dentro de los Estados Unidos.

En Alemania, las "Normas Técnicas, Preceptos de Calidad, Condiciones de Suministro, TGL 8064", según Edgar Spreer, definen a la leche así: "La leche natural es el producto obtenido higiénicamente por ordeña regular y completa, debiendo enfriarse inmediatamente después. Este producto puede proceder de una o de varias vacas y resultar de uno o más ordeñas. No está permitido sustraerle ni agregarle nada"¹.

En México, el Reglamento Oficial Mexicano de Leches, según Mario Ramos C., define

¹ Revilla, 1985.

la leche así: "Es el producto natural obtenido por la ordeña completa de uno o más animales sanos, con exclusión del producto obtenido 15 días antes del parto y cinco días después de este acto, o cuando no contenga calostro"¹.

La leche fresca de vaca deberá presentar aspecto normal, estará limpia y libre de calostro, preservadores, antibióticos, colorantes, materias extrañas y sabores u olores objetables o extraños. La leche se obtendrá de vacas acreditadas como sanas, es decir libres de toda enfermedad infecto contagiosa tales como tuberculosis, brucelosis y mastitis. A partir del momento de obtención de la leche se le someterá a filtración y enfriamiento inmediato a 4.5°C (40°F); en el momento de entrega podrá estar a una temperatura no mayor de 10°C (50°F). La leche fresca de vaca se ajustará a las condiciones exigidas por la legislación sanitaria de cada país.¹

Características Físicas y Químicas

Materia grasa, mínimo:	3.50%
Sólidos totales, mínimo:	12.00%
Acidez, expresada en ácido láctico, máximo:	0.18%
Proteínas (Nx6.38), mínimo:	3.00%
Cenizas, máximo:	0.80%
Ensayo de reductasa, mínimo:	
a. Leche para consumo directo:	6.50 horas
b. Leche para ser pasteurizada:	4.00 horas

Sedimento en 473 cm ³ de leche:	2.00 miligramos
Punto de congelación, abajo de:	0.53°C

Características Microbiológicas

Contenido de microorganismos no patógenos

en leche, para consumo directo: 50 000 por cc

Contenido de microorganismos no patógenos

en leche, inmediatamente antes de la pas-

teurización, máximo en:

Clase A	400 000 por cc
---------	----------------

Clase B	1 000 000 por cc
---------	------------------

Derivados de la leche.

Calostro. Es la secreción láctea obtenida 15 días antes y cinco días después del parto.

Algunos autores consideran 10 días antes y cinco después del parto, otros dicen únicamente ocho días después del parto. El calostro es ligeramente viscoso, de sabor salino, color amarillo a pardo y se coagula cuando es expuesto al calor.

Leche entera. También se le conoce como "leche integral" o simplemente como "leche", y es aquella que mantiene sus componentes originales.

Leche cruda. Es la leche entera sin tratamiento alguno

Leche estandarizada. Es aquella cuyo porcentaje de grasa ha sido alterado, pudiendo ser mayor o menor que el que tenía originalmente, y por ello es aconsejable indicar el tanto por ciento de grasa al cual ha sido estandarizada la leche.

Leche semidescremada. Es la leche a la que se le ha extraído cerca del 50% de su materia grasa.

Leche descremada. Es aquella que contiene 0.5% de grasa o menos.

Leche baja en grasa. Es la porción de leche que contiene no menos de 0.5% ni más de 2% de grasa.

Leche reconstituida. Es el producto que resulta de mezclar la leche entera en polvo, con agua potable o la leche descremada en polvo con grasa de leche y agua potable, en tal proporción que semeje la composición normal de la leche.

Leche re combinada. Es el producto que resulta de la mezcla de la leche reconstituida con la leche entera.

Leche compuesta. Es aquella a la que se le han agregado productos para darle un sabor

determinado.

Leche pasteurizada. Es la que ha sido sometida a un tratamiento térmico específico y por un tiempo determinado, para lograr la destrucción total de los organismos patógenos que pueda contener, sin alterar en forma considerable su composición, sabor ni valor alimenticio.

Leche homogeneizada. Es aquella que ha sido sometida a tratamientos térmico-mecánicos, para cambiar ciertas propiedades físicas y dividir el tamaño de los glóbulos grasos, para prolongar la estabilidad de la emulsión.

Leche ultrapasteurizada. Es la que ha sido sometida a un proceso térmico por inyección de vapor, y posterior extracción del agua por condensación por medio del vacío, sin causar considerables modificaciones en su composición, sabor ni valor nutritivo.

Leche esterilizada. Es la que ha sido sometida a tratamientos térmicos específicos y por tiempos determinados, para lograr la total destrucción de los microorganismos, sin afectar en forma significativa su valor alimenticio.

Leche fresca concentrada. Es aquella a la que se le han quitado dos terceras partes de su contenido de agua y que generalmente posee cerca de 10.5% de grasa.

Leche evaporada. Es el producto obtenido de la leche entera o descremada, mediante la extracción de cerca del 50% de su contenido de agua.

Leche condensada. Es el producto que se obtiene a partir de la leche entera o descremada, a la cual se le ha extraído parte del agua y se le ha agregado cerca del 40 a 45% de azúcar de caña.

Leche en polvo. Es la porción que queda de la leche entera o descremada, después de haberle quitado cerca del 95% de su contenido de agua.

Leches fermentadas. Son aquellas que han sido sometidas a la acción de ciertos microorganismos específicos, según el tipo de leche deseada.

Leche adulterada. Es aquella que contiene sustancias dañinas o tóxicas, en cantidades que pueden afectar la salud. También es leche adulterada aquella a la que se le ha añadido o substraído algún elemento.

Crema. Es la porción de leche rica en grasa que resulta del descremado de la leche entera.

Queso. Es el producto obtenido mediante la coagulación de la leche y eliminación del suero. Puede ser hecho de diferentes tipos de leche y mediante diferentes técnicas,

según la clase de queso que se desee obtener.

Mantequilla. El producto obtenido del batido y desuerado de la crema, contiene normalmente cerca del 80% de grasa.

Helados. Son productos que resultan de la mezcla de varios ingredientes que después de ser tratados térmicamente son congelados con agitación constante.

Suero. Es un subproducto de la elaboración de quesos o mantequilla.

Suero en polvo. Es el suero del queso al cual se le ha removido casi toda el agua.

3.2 Tecnologías.

El sistema mexicano de producción lechera está estructurado por tres segmentos diferenciados por sus características de tecnología, productividad y tamaño. Estos sistemas son: el especializado, semi-especializado y el sistema tropical productor de carne-leche (doble propósito).

3.2.1 Sistema especializado.

Este sistema tiene un hato promedio de 230 vacas, una producción de 4-6 mil litros/vaca-año, de 100 a 400 días de lactancia. Utiliza en la alimentación forrajes y alimentos balanceados, ordeña mecánica y para su conservación equipo de enfriamiento. Tiene un alto control sanitario, utiliza razas puras, inseminación artificial, y se importan vaquillas, el producto se utiliza en pasteurizadoras e industrializadoras. Tiene un alto grado de organización: C.N.G./C.N.C./C.N.P.P., Uniones regionales y Asociaciones locales. Se localiza en el Altiplano y el norte del país, en las cuencas lecheras: Jalisco, Coahuila, Querétaro, México, Hidalgo y zonas fronterizas.

En este sistema, para el presente trabajo, se utilizarán tres tipos de hatos: de 221 vacas, 1089 vacas y 602 vacas, llamandolos sistema especializado 1 (E_1), sistema especializado 2 (E_2) y sistema especializado 3 (E_3) respectivamente.

3.2.2 Sistema semiespecializado.

3.2.2.1 Semi-estabulado.

En este sistema se utiliza un hato promedio de 40 vacas, con un rendimiento de 2.4-4 mil litros/vaca-año, y tiene una lactancia de 100-300 días; en su alimentación utiliza pastos, forrajes y alimentos balanceados. La ordeña es realizada manualmente, aunque

esporádicamente es mecánica, y tiene una falta de equipo de enfriamiento, tiene un nivel técnico en manejo medio. Las razas utilizadas son Holstein y Suizo no 100% puro. Tiene un control deficiente de sanidad, lo cual tiene como consecuencia que aparece frecuentemente mastitis. En su comercialización/acopio se utilizan pasteurizadoras, derivados artesanales, leche bronca, industrialización. Tiene un sistema de organización de productores selectivo: C.N.G./C.N.C./C.N.P.P. Se localiza en la región Centro-Norte del país.

3.2.2.2 Pastoreo Familiar.

Este sistema tiene un hato promedio de 5 vacas, produciendo 300-700 litros/vaca-año; tiene una lactancia errática (dependiendo de la disponibilidad de alimento), y una estacionalidad marcada en el sistema. La alimentación es realizada en pastizales y selectivamente follaje. La ordeña y la conservación es realizada manualmente, la sanidad es baja, su nivel técnico es muy bajo. Las razas utilizadas son Holstein de baja calidad genética; generalmente es para el autoconsumo, su organización gremial es baja, y se localiza en el Altiplano y zona norte del país.

El análisis comparativo de los diferentes sistemas de producción de leche en México, evidencia la difícil situación por la que atraviesa el sistema semiespecializado o de lechería familiar, mismo que contribuye con el 45% de la producción nacional.

En efecto, los estratos de productores más pequeños presentan utilidades negativas, lo cual se explica, en primer término, por los altos costos de producción y mano de obra, en contraste con los bajos niveles de productividad. Así, resulta significativo el hecho de que con una producción de leche inferior en 50% a la obtenida en el sistema especializado, el costo de alimentación con alimentos balanceados sea superior hasta en un 98%, como se ilustra en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Costos de producción por tecnología.

Sistema de producción	Especializado			Semiespecial.			DP*
	1	2	3	1	2	3	
Tamaño del hato (vacas)	221	1089	602	8	29	14	27
Producción por vaca en línea de ordeña	20	23	21.4	10.4	10	10	3.9
Costo insumos comerciables	0.531	0.593	0.496	0.698	0.602	0.642	0.068
Alimentos forrajeros	0.071	0.052	0.058	0.059	0.033	0.036	--
Alimentos balanceados	0.339	0.392	0.264	0.524	0.489	0.505	0.009
Medicinas	0.055	0.04	0.044	0.035	0.027	0.036	0.019
Refacciones de maquinaria	0.047	0.032	0.038	0.021	0.017	0.021	0.04
Depreciación	0.019	0.077	0.092	0.059	0.360	0.044	--
Costo de insumos no comerciables	0.389	0.265	0.3	0.735	0.458	0.56	0.725
Mano de obra	0.147	0.089	0.103	0.465	0.232	0.32	0.298
Energía eléctrica	0.103	0.072	0.08	0.044	0.03	0.03	--
Gastos financieros	0.125	0.094	0.106	0.121	0.101	0.10	0.157
Renta de la tierra				0.089	0.083	0.08	0.27
Diversos	0.014	0.01	0.011	0.016	0.012	0.014	-
Costos Totales	0.92	0.858	0.79	1.433	1.06	1.207	0.793
Ingresos (incluye carne y leche)	1.102	1.093	1.094	1.155	1.098	1.12	0.85
Utilidad neta	0.182	0.235	0.298	-0.278	0.038	-0.8	0.057

DP* Sistema doble propósito.

Cifras en pesos.

Fuente: CIESTAAM

Este mayor costo no se debe a que el consumo por vaca sea mayor, sino básicamente a los elevados precios a los que se adquieren los alimentos balanceados en el mercado libre. De hecho, las grandes compañías productoras de alimentos para animales, tienen en la lechería familiar a uno de sus principales mercados, por lo que el negocio de la producción de leche es para estas últimas y no para los productores.

En este sistema, se utilizarón tres tipos de tamaño de hato: de 8 vacas, 29 vacas y 14 vacas, siendo llamados sistema semiespecializado 1 (SE_1), sistema semiespecializado 2 (SE_2) y sistema especializado 3 (SE_3) respectivamente.

3.2.3 Sistema Tropical (Doble Propósito).

Este sistema utiliza un promedio de 80 vacas, la producción es de 750 litros/vaca-año en promedio, teniendo un período de lactancia de entre 100-300 días, este sistema es estacional y produce carne y leche. La alimentación es por medio de pastizales, la ordeña es manual, su sanidad es baja, así como lo es también su nivel técnico en manejo. Utiliza cruza de Holstein y Suizo con Criollo y Cebús no 100% puras. La comercialización/acopio de la producción es como leche bronca, derivados artesanales e industrialización. Tiene una organización media-alta: C.N.G./C.N.C./C.N.P.P. Este sistema se encuentra establecido principalmente en el golfo y sureste del país, en regiones de trópico húmedo y seco.

En este sistema se utilizó un tamaño de hato de 27 vacas, reconociéndolo como sistema doble propósito (DP).

3.3 CONASUPO-LICONSA

CONASUPO es un organismo descentralizado del Gobierno Federal que fomenta el desarrollo del país en el campo de las subsistencias populares, mediante el abasto, regulación y modernización de sus mercados.

La situación real del mercado requiere una acción reguladora que permita eliminar a los intermediarios ineficientes, a los deshonestos, a los especuladores y acaparadores y, en general, a todos los que obtienen un lucro excesivo y no cumplen adecuadamente la función comercial. Se trata de lograr la modernización y el perfeccionamiento del mercado, para que se eleven los ingresos de los productores y disminuyan los precios a los consumidores. Asimismo, se trata de lograr que en los artículos de consumo popular, los precios se estabilicen y exista en el mercado una oferta suficiente de los mismos.

En las condiciones reales en que se desarrolla la economía mexicana no basta regular los mercados de subsistencias. En primer lugar, aunque se consiguiese la mayor eficiencia posible en la comercialización de subsistencias, el bajo poder de compra de los consumidores de escasos recursos, hace que millones de mexicanos no tengan acceso a los productos que necesitan para vivir, al precio normal de un mercado regulado. Para estos consumidores, es preciso vender las subsistencias populares a precios especiales de descuento. En segundo lugar, las condiciones en que se halla la mayor parte de los productores de subsistencia, determina que no puedan lograr un medio adecuado de vida con su actividad, aun cuando reciban un precio justo, en un mercado regulado por su producción. Finalmente, una parte de los intermediarios está formada por pequeños comerciantes, que en esta actividad encuentran su único medio de vida; son ineficientes y en cierta forma entorpecen la marcha de la economía, pero mientras no sea posible absorberlos en una actividad productiva, es necesario auxiliarlos para que no queden sin empleo o para que su acción no repercuta en una elevación de

los precios a los consumidores.

A finales de la década de 1930, se crearon los primeros organismos reguladores: el Comité Regulador del Mercado del Trigo, la Compañía Exportadora e Importadora Mexicana, S. A. (CEIMSA), el Comité Regulador del Mercado de Subsistencias, el Comité Consultivo de los Artículos de Consumo Necesario y el Comité de Vigilancia del Comercio. En 1941 se creó la Nacional Distribuidora y Reguladora, S. A. de C. V. (NADYRSA), que en 1949 fue absorbida por CEIMSA, la cual se amplió en 1959. Finalmente, para dar un sentido institucional y orgánico más penetrante a la acción reguladora, en 1961 se creó la Compañía Nacional de Subsistencias Populares, S. A.

CONASUPO es un instrumento del gobierno federal que tiene como objetivo contribuir al fomento del desarrollo económico y social. Cumple su función en el campo de las subsistencias populares: son subsistencias los artículos de consumo indispensable para la alimentación, la salud y el bienestar físico; y son populares las que adquieren los consumidores de escasos recursos. .

CONASUPO actúa de la siguiente manera:

- Realizando compras directas a precios de garantía.
- Celebrando convenios con industriales para que realicen compras a precios de garantía o superiores.
- Estableciendo normas de calidad y vigila que se respeten.
- Creando reservas reguladoras de granos y semillas.
- Almacenando y transportando granos, directamente en las bodegas rurales que opera y a través de Almacenes Nacionales de Depósito, S. A. y Ferrocarriles Nacionales de México.
- Celebrando convenios para la venta controlada de subsistencias a precios estables.
- Realizando ventas al menudeo a precios CONASUPO.

- Operando importaciones y exportaciones de subsistencias.
- Produciendo pan, leche y harina de maíz.
- capacitando a los productores agrícolas en aspectos comerciales, en función de las necesidades del sistema CONASUPO y les proporciona servicios auxiliares.

CONASUPO lleva a cabo los siguientes programas:

- Comercialización al mayoreo de: maíz, trigo, sorgo, frijol, arroz, cebada, grasas (oleaginosas y aceites naturales), leche en polvo.
- Producción y comercialización de leche fluida y sus derivados.
- Industrialización de trigo.

CONASUPO está organizada con una oficina central, donde operan tres subdirecciones, y seis filiales: Maíz Industrializado CONASUPO, S. A. (MICONSA); Trigo Industrializado CONASUPO, S. A. (TRICONSA); Leche Industrializada CONASUPO, S. A. (LICONSA); Distribuidora CONASUPO, S. A. (DICONSA); Bodegas Rurales CONASUPO, S. A. (BORUCONSA); y Centros CONASUPO de Capacitación Campesina (CECONCA). Cuenta también con dos comisiones: Promotora del Desarrollo Social y de Coordinación, Supervisión y Programas Especiales.

Un subsidio sirve para:

- Mejorar la distribución del ingreso.
- Fortalecer el mercado interno.
- Que se realicen mayores inversiones productivas.

La acción de CONASUPO funciona como una transferencia de recursos: se toman de los intermediarios y se pasan a los productores; o se toman de la sociedad en conjunto (que paga los impuestos de donde procede el subsidio) y se transfieren a los grupos económicamente débiles.

LICONSA

LICONSA decidió en 1983 participar directamente en la industria de productos lácteos con el propósito de cubrir las necesidades de los sectores de bajos ingresos que no tienen acceso a la leche, y ayudar al equilibrio del mercado de leche natural en los picos de la producción.

Actualmente, LICONSA se encarga de suministrar dos litros de leche semanalmente a cerca de 6 millones de niños. Esto representa el 7% de la demanda nacional de leche. Para poder comprar leche liconsa se necesita no tener un ingreso superior a 2 salarios mínimos, y tener una tarjeta otorgada por trabajadores sociales.

Para suministrar esta leche LICONSA tiene centros de acopio, en donde recolecta leche natural pagándola a un precio de \$850-900.00 (pesos del año 1992). Al mismo tiempo compra aproximadamente el 67% de la leche en polvo importada por CONASUPO. Esta leche es rehidratada y pasteurizada en plantas localizadas en: Acapulco, Colima, Guadalajara, Mérida, Monterrey, Oaxaca, Tlanepantla, Toluca y la Delegación de Tlahuac. Anteriormente, LICONSA también procesaba leche ultrapasteurizada, comercializando las marcas de Nutrileche y Mileche. En 1991, vendió las plantas de Delicias y Aguascalientes a Operadora de Lácteos y la de Acayucan a Prolesa.

Como su capacidad instalada no es suficiente, LICONSA también manda a maquilar leche (pasteurizada y empacarla).

Los canales de comercialización de LICONSA son: sus cofiliales DICONSA e IMPECSA, el sector oficial, el sector salud, el sector social y la iniciativa privada.

La venta subsidiada de leche LICONSA compite marginalmente con las ventas privadas de leche en una cantidad no conocida. Muchos consumidores no podrían alcanzar a

comprar la leche si no fuera subsidiada; otros la comprarían incluso a precios no subsidiados.

3.4 Confederación Nacional Ganadera

La Confederación Nacional Ganadera (C.N.G.), es el organismo gremial central y representativo que aglutina a todos los productores pecuarios nacionales, independientemente del régimen de propiedad y de tenencia de la tierra al que estén sujetos. Su responsabilidad es definir las líneas estratégicas de desarrollo del sector pecuario, unificar y sistematizar las acciones, intereses y esfuerzos regionales y locales, representarlos oficialmente ante las diversas instancias gubernamentales y privadas así como dar orientación, asesoría y soporte técnico, administrativo y jurídico a las diversas asociaciones de ganaderos nacionales afiliados a ella. Entre sus objetivos centrales está también el de elaborar un diagnóstico de la situación pecuaria nacional e internacional, mantener actualizados a sus miembros sobre los principales indicadores del sector, identificar posibilidades de negocios, dar seguimiento a su desarrollo y promover líneas generales de política ante las autoridades y representantes oficiales.

La CNG es la organización que agrupa a todos los productores pecuarios nacionales: ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios dedicados a la explotación y comercialización de las diferentes especies: bovinos de carne y leche, porcinos, ovinos, caprinos, aves, equinos, especies de registro, conejos y especies menores incluidas las abejas. De acuerdo con la Ley de Asociaciones Ganaderas y con el Reglamento respectivo en vigor, existen distintos niveles de organización de los ganaderos: localmente se agrupan en asociaciones de productores y a nivel estatal en Uniones Regionales; a nivel nacional la máxima representación es la Confederación Nacional Ganadera, la cual está compuesta en la actualidad por:

- 44 uniones ganaderas regionales, que agrupan a 1,814 asociaciones ganaderas locales.
- 6 uniones ganaderas regionales de porcicultores en las que se agrupan 2 uniones nacionales (de avicultores y apicultores).
- 30 asociaciones nacionales de registro.

Estas organizaciones están diseminadas a todo lo largo y ancho del territorio nacional, y representan a cerca de dos millones de productores pecuarios.

Los propósitos de la Confederación, así como de las diversas Uniones y Asociaciones que aglutina son los de buscar el fortalecimiento y desarrollo integral de la producción pecuaria nacional, así como representar y proteger los intereses de sus productores afiliados, mediante una serie de acciones, entre las que destacan:

- La realización de estudios y proyectos para la operación de nuevos y mejores métodos productivos;
- El fomento y la promoción de los productos pecuarios mexicanos hacia nuevos mercados, tanto nacionales como al exterior, la gestión de créditos para sus miembros con el fin de apuntalar y promover diferentes tipos de proyectos de desarrollo pecuario;
- La orientación y apoyo para la instalación de plantas industrializadoras para los diferentes productos pecuarios, que les añadan valor agregado y diversifiquen su utilización;
- El fomento de la organización de los ganaderos;
- La gestión y el apoyo técnico a sus organizaciones afiliadas en todas las actividades relacionadas con el fomento de la producción y comercialización pecuaria;
- La representación y defensa de los intereses de los ganaderos del país, ante autoridades federales, estatales y locales, así como ante todo tipo de organismos privados tanto nacionales como internacionales, sirviendo como órgano de consulta, gestión e interlocución de los productores pecuarios nacionales ante tales instancias;

- La realización de estudios de posicionamiento por especie producto para definir las líneas estratégicas de cada sector, ante los procesos de globalización y apertura comercial.

3.5 Industrialización.

México es uno de los 10 mercados más grandes del mundo en lo que a compras de leche en polvo se refiere, sus importaciones representan alrededor del 50% del comercio mundial de leche deshidratada.

El mercado mexicano está fuertemente orientado hacia el consumo de leche fluida, sólo 25% de la leche producida e importada se transforma en derivados lácteos tales como helados, yogur o queso.

También el mercado se orienta hacia la población de medianos y altos ingresos, 65% de la leche producida es consumida por el segmento del mercado con altos ingresos y 27% por el de medianos ingresos. Entre ambos representan solo 36% de la población nacional (9% en el sector de altos ingresos y 27% en el de ingresos medios).

El mercado está compuesto principalmente por pobladores jóvenes (la edad media es inferior a 19 años) y es predominantemente urbano (73%). Las ciudades de México, Guadalajara, Puebla y Monterrey constituyen el mercado más importante. Uno de cada cuatro mexicanos vive en la ciudad de México y área metropolitana.

La estructura de la industria lechera muestra una fuerte concentración. Aunque el mercado está compuesto de más de 2,800 empresas, todas excepto 250 son industrias pequeñas que producen queso, crema y mantequilla. De las 250 que hacen excepción, 50 son plantas pasteurizadoras y las otras combinan la deshidratación y evaporación de

leche con la producción de yogur, y otros productos derivados.

Otra característica sobresaliente del mercado mexicano es la alta producción de la llamada "leche bronca", que se expende directamente al consumidor, el cual la debe preparar para su consumo en casa (cerca de 40% del consumo de leche fluida). Esta se concentra principalmente en el sur del país. En el centro y norte de México (que contiene el 60% de la población) se consume el 80% del total de la leche pasteurizada.

Sobre la base de consumo per cápita, el consumo de leche fluida es poco menos de la mitad del promedio para los E.U.A., y de alrededor de 40 y 20% de los consumos de queso y mantequilla, respectivamente.

Del total de materias primas para las plantas procesadoras 69%, equivalente a 7.300 millones de litros, provienen de empresas familiares, y 31%, equivalente a 3,200 millones de litros, se importan en forma de leche en polvo y mantequilla. Además, se importan significativas cantidades de derivados de la leche y productos con contenido lácteo, en presentación para compra directa por el consumidor.

De los 10,500 millones de litros anuales disponibles (equivalentes en leche fluida) en el año de 1993, la mayor parte (75% ó 7,900 millones de litros) es usada para el consumo directo como leche fluida. El 25% restante (2,600 millones de litros), es utilizada para el procesamiento de derivados lácteos.

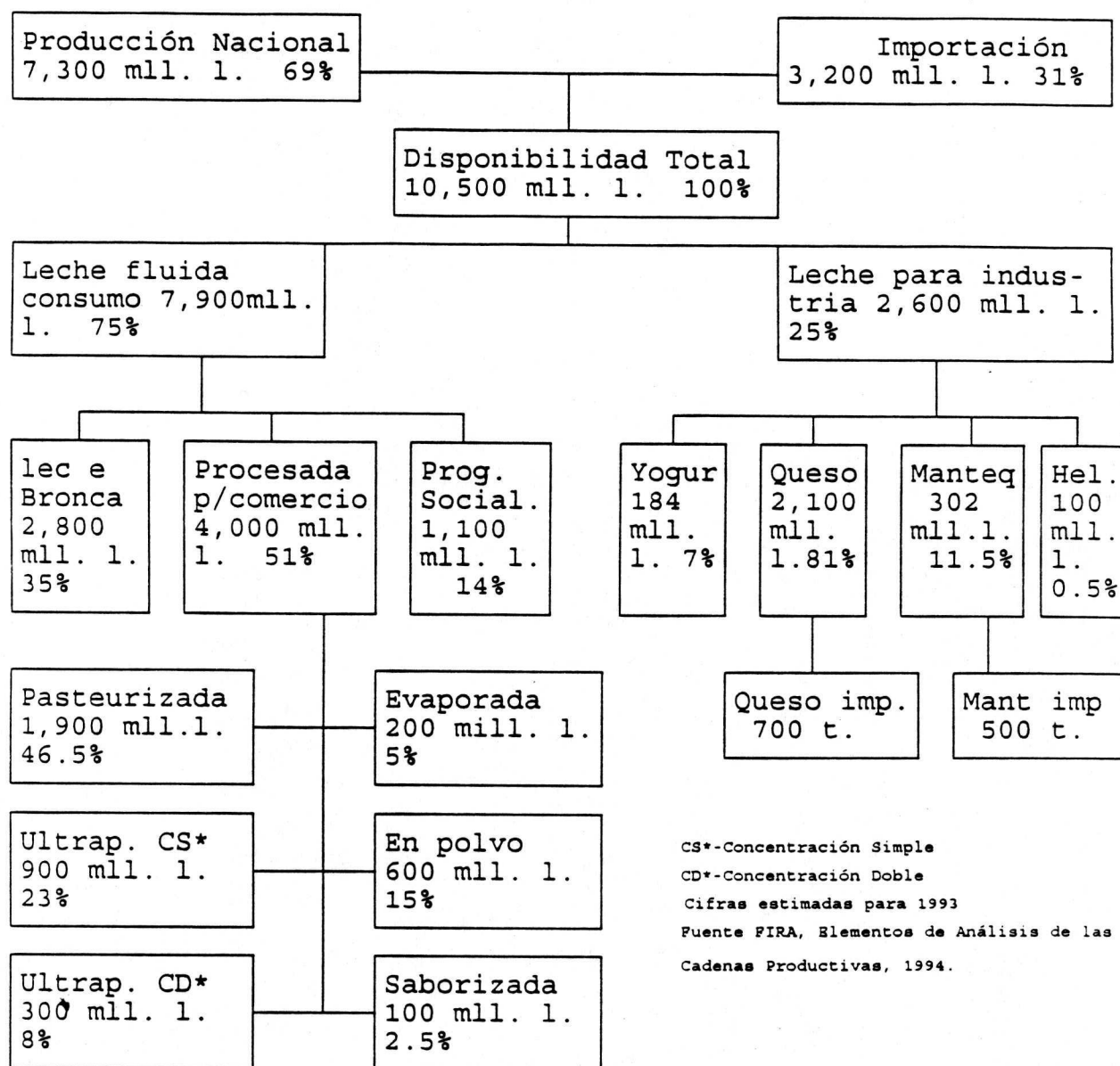
Poco más de 4 mil millones de litros son procesados para la venta comercial en forma de leche fluida y 1,100 millones son canalizados para ventas subsidiadas. 48% de la leche procesada para el comercio es consumida como pasteurizada y 23% como ultrapasteurizada de concentración simple, 8% es comercializada como ultrapasteurizada con doble concentración, 5% como leche evaporada y 15% en forma de leche en polvo.

De los 2,600 millones de litros procesados en la industria de derivados, 80% se

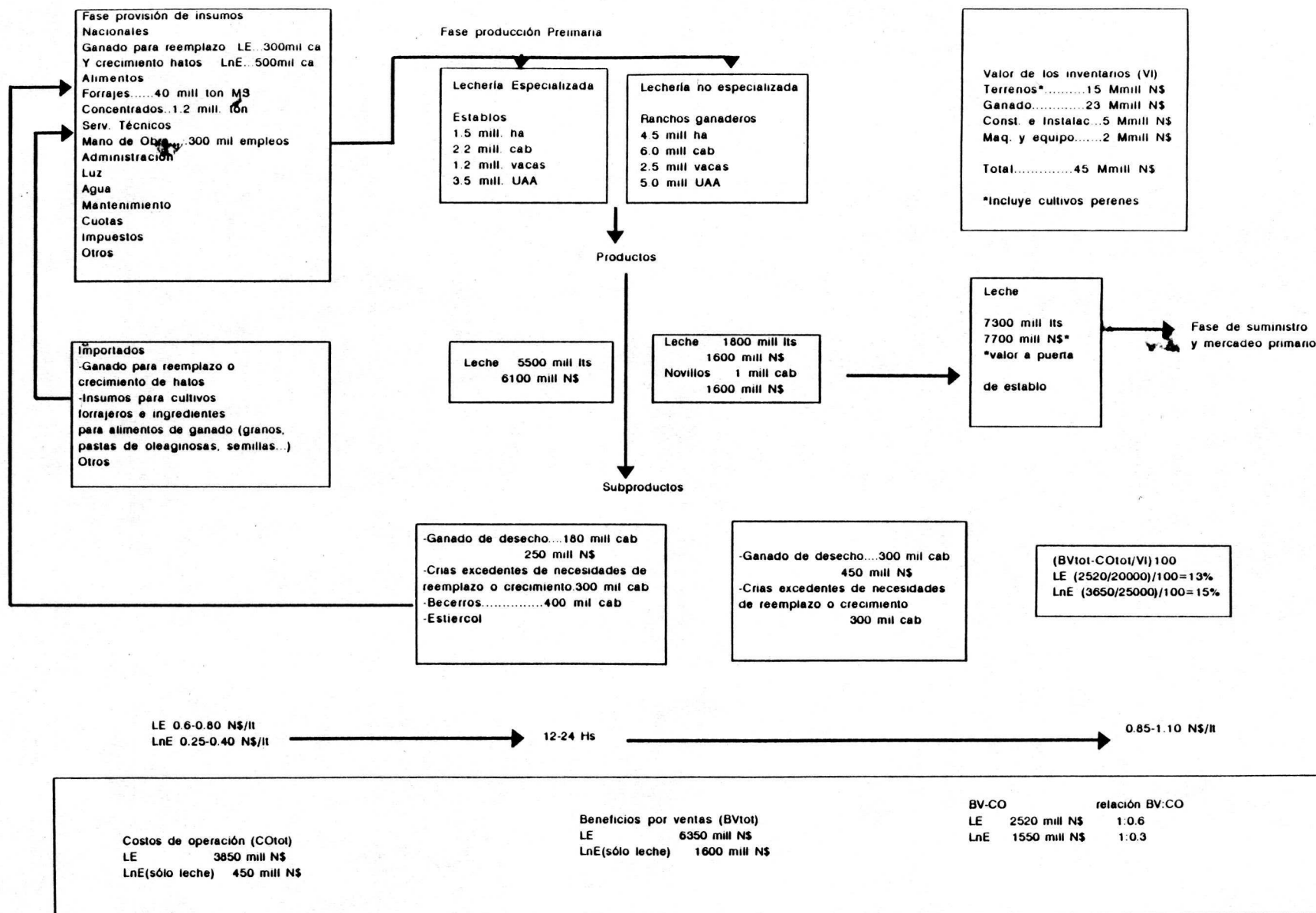
transforma en 300 millones de kilos de queso, 7% en yogur, 12% en 11.5 millones de kilos de mantequilla y 0.5% en helados y otros productos.

Ver cuadros 6, 7, 8, 9 y 10.

Cuadro 6. Origen y usos de la leche en México.



Cuadro 7.- Producción Primaria



Nota

LE=lechería especializada

LnE=lechería no especializada

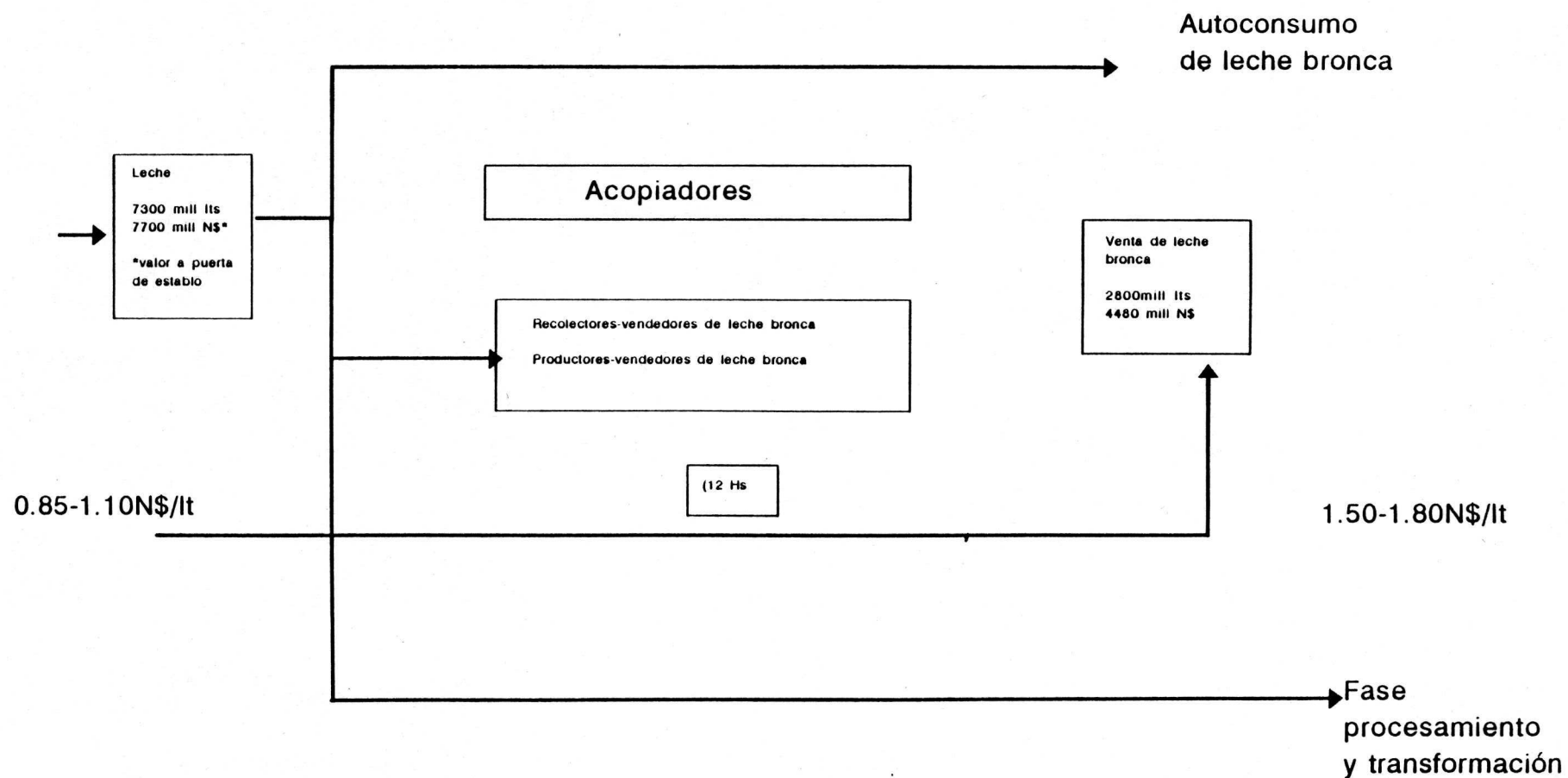
Mmil=miles de millones de N\$

VI=valor de los inventarios

Fuente: FIRA Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

Cuadro 8.- Suministro y mercadeo primario

Fase
Producción
Primaria

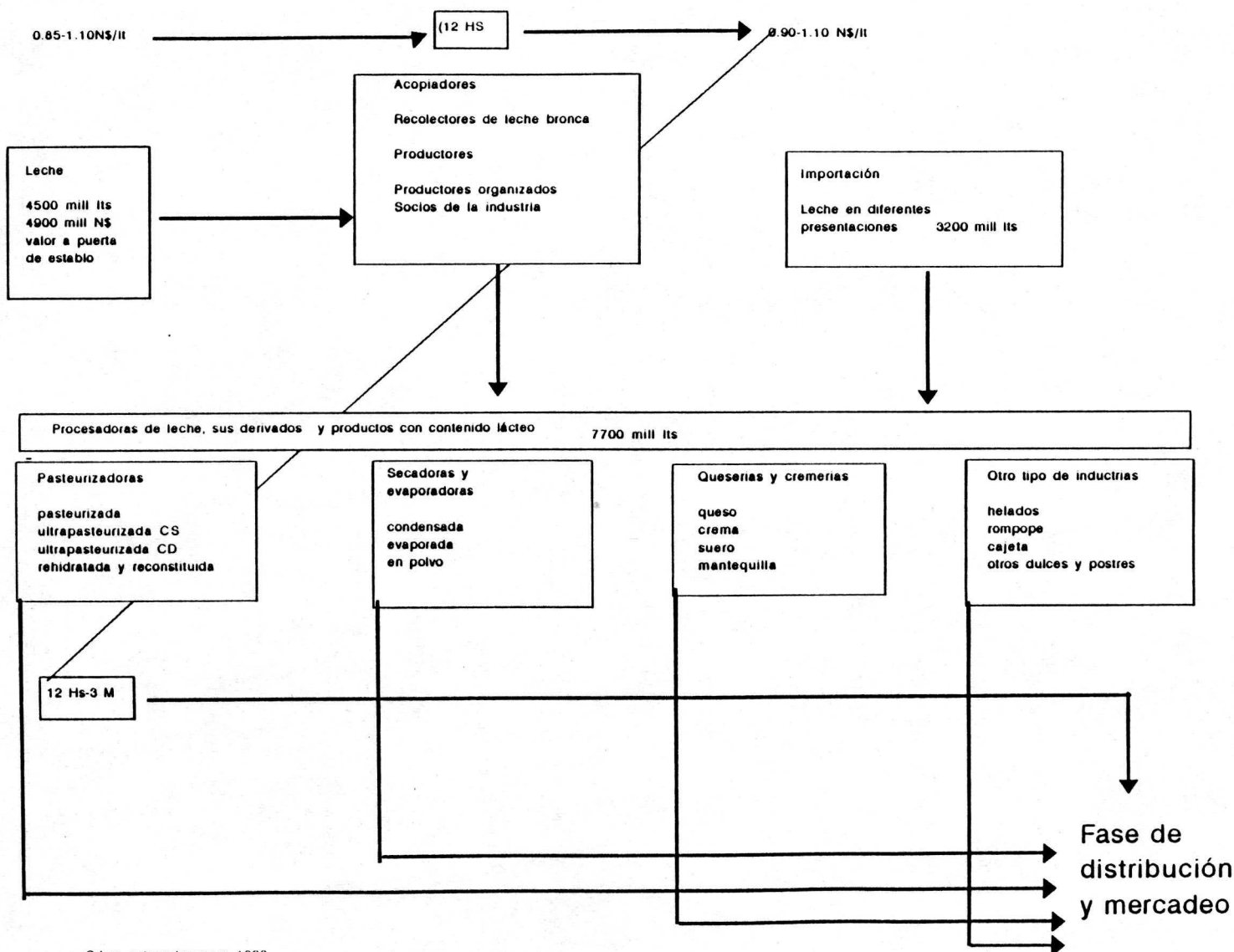


Cifras estimadas para 1993.

Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

Cuadro 9.- Procesamiento y Transformación

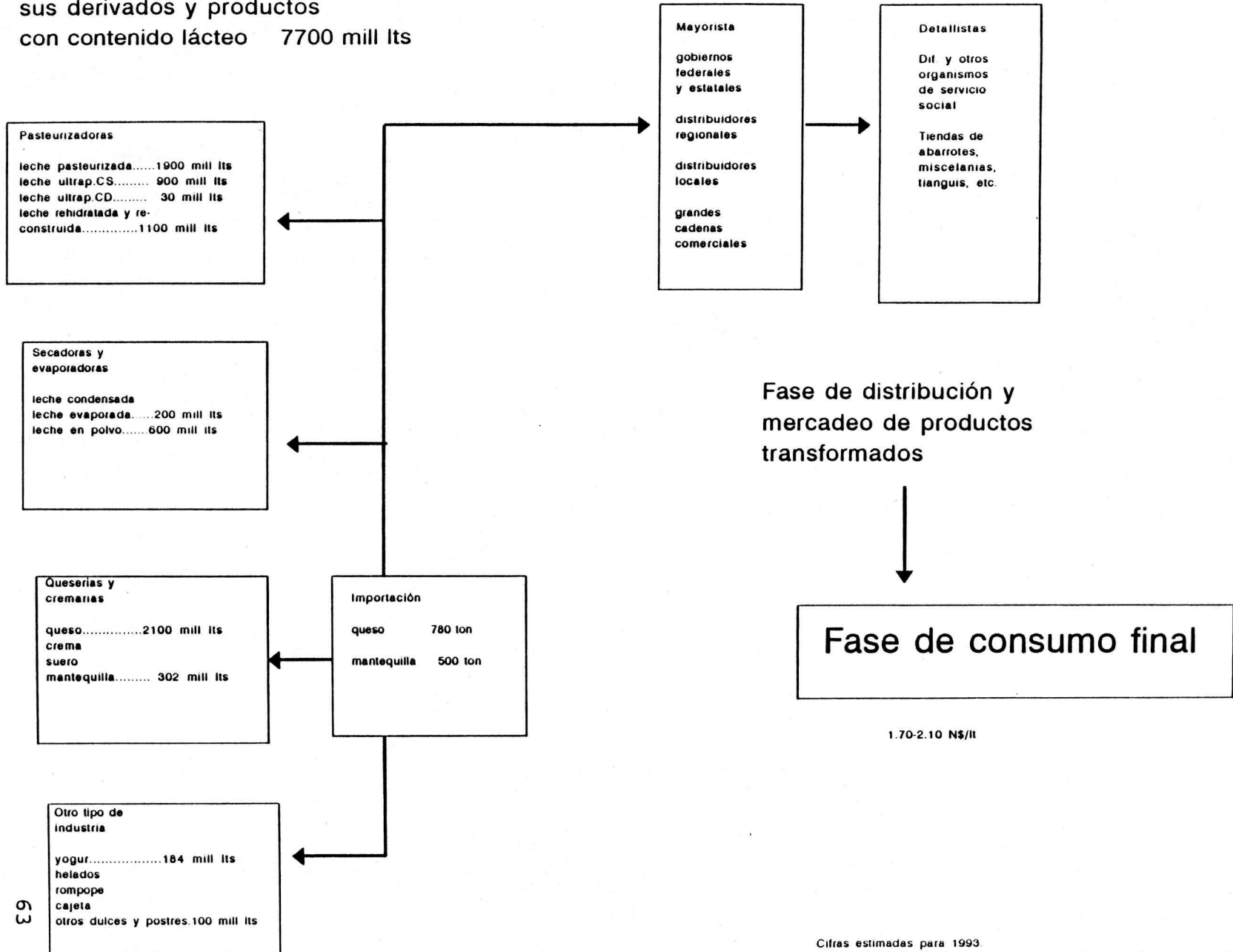
Fase
producción
primaria



Cifras estimadas para 1993.
Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

Cuadro 10.- Distribución y mercadeo de productos transformados

Procesadoras de leche,
sus derivados y productos
con contenido lácteo 7700 mill Its



Cifras estimadas para 1993

Fuente: FIRA, Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas, 1994.

IV Marco teórico: Programación lineal.

Desde el advenimiento de la revolución industrial el mundo ha tenido un notable crecimiento en magnitud y complejidad de las organizaciones.

A medida que se incrementa la complejidad y especialización de una organización, se vuelve más difícil asignar los recursos disponibles a sus diversas actividades, de manera que sea lo más efectivo para la asignación como un todo. Con este tipo de problema y la necesidad de hallar la mejor manera de resolverlo, dio lugar al medio necesario para que surgiera la "Investigación de Operaciones".

La Investigación de Operaciones, puede describirse como un procedimiento científico, que ayuda a tomar decisiones que comprenden las operaciones de sistemas de organización.

La Investigación de Operaciones se basa principalmente en:

a.- La estructuración de la situación de la vida real en un modelo matemático, abstrayendo los elementos esenciales de modo que pueda descubrirse una solución pertinente, para los objetivos de quienes toman las decisiones. Esto implica examinar el problema en el contexto del sistema completo.

b.- La exploración de la estructura de tales soluciones y el desarrollo de procedimientos sistemáticos para obtenerlas.

c.- El desarrollo de una solución, incluyendo la teoría matemática, si es necesario, que proporciona un valor óptimo de la medida de deseabilidad de un sistema (o posiblemente de comparación de cursos de acción alternativos, evaluando su medida de deseabilidad).

La Investigación de Operaciones está constituida por varias técnicas; una de ellas es la Programación Lineal, la cual es la que en este caso se va a utilizar.

La programación lineal trata del problema de asignar recursos limitados entre actividades competidoras en la mejor forma posible u óptima.

La programación lineal usa un modelo matemático para describir el problema de interés. El objetivo debe ser planteado en forma lineal porque se requiere que todas las funciones matemáticas en este modelo sean funciones lineales.

4.2 El Modelo Teórico.

El modelo matemático general de la programación lineal es el siguiente:

$$\text{Maximizar } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$\text{sujeto a } a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_j \leq 0 \text{ para } (j=1, 2, \dots, n.) \text{ } (i=1, 2, \dots, m)$$

La estructura condensada es:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \leq b_i \text{ } (i=1, 2, \dots, m)$$

$$x_j \leq 0$$

donde ($i = 1, 2 \dots m$) y ($j = 1, 2 \dots n$.)

El modelo teórico de programación lineal consta de tres partes: una función objetivo, un conjunto de restricciones y la condición de no negatividad.

La función objetivo indica una magnitud deseable que se quiere alcanzar (Z) en su valor más alto posible, por ejemplo, maximizar la ganancia o la producción o las ventas. También puede representar el minimizar cantidades indeseables como el costo, el tiempo, la distancia.

Los otros componentes de la función objetivo son: las variables de decisión (X_j), que es el conjunto de actividades cuya magnitud se determinará, al resolver el problema de programación lineal.

Finalmente, en la función objetivo están los precios netos (C_j), que son los coeficientes de las variables de decisión o actividades.

Un precio neto, indica el cambio que se provoca en el objetivo, al llevar a cabo una unidad de la actividad correspondiente.

El conjunto de restricciones indica cuáles son las condiciones bajo las cuales debe

alcanzarse el objetivo (Z). Es un conjunto de desigualdades que limitan los valores que pueden tomar las actividades o variables de decisión (X_j) en la solución del modelo.

Los componentes de cada restricción son los coeficientes técnicos (a_{ij}); las variables (X_j) y los recursos disponibles (b_i).

En cada restricción los coeficientes técnicos son coeficientes de las variables. Por ejemplo, el coeficiente técnico a_{ij} representa la cantidad que se necesita del recurso (i) para ejecutar una unidad de la actividad (j).

Las restricciones se representan matemáticamente mediante desigualdades de los tipos menor o igual que ($\leq$) o mayor o igual que ($\geq$) o igual que ($=$). No se permiten desigualdades "menor que" o "mayor que" estrictamente.

El último componente (b_i) de cada restricción representa la cantidad disponible del recurso correspondiente; cantidad por cuyo empleo compiten todas las actividades consideradas en el modelo, y siempre serán de signo positivo.

La tercera parte del modelo es la condición de no negatividad ($X_j \geq 0$). Esta restricción del modelo indica que las variables (incógnitas) sólo tomarán valores positivos o de cero, ya que un valor negativo no tendría ningún significado económico. Sería irracional que en la solución del problema aparecieran -por ejemplo- términos como los siguientes:

cultivar -10 hectáreas de maíz o vender -100 toneladas de frijol o comprar -5 tractores.

La solución del modelo se obtiene al transformar las restricciones en un conjunto de ecuaciones simultáneas. Dicha transformación de las desigualdades en ecuaciones se logra mediante la inclusión en el modelo de variables de holgura. Estas representan las cantidades sobrantes de recursos, que sumadas a las cantidades empleadas de los recursos, dará una cantidad igual a la cantidad disponible del recurso correspondiente.

Sin embargo, en el planteamiento del modelo empírico, no es necesario agregar las variables de holgura, puesto que los programas de cómputo las incluyen automáticamente, durante el proceso de solución del problema.

4.3 Supuestos de la programación lineal.

La solución del modelo de programación lineal es válida bajo los supuestos siguientes:

a) Linealidad.

El supuesto de linealidad, significa que la función objetivo y las restricciones son ecuaciones de primer grado, y por ello se pueden representar gráficamente como líneas rectas.

También significa que los coeficientes de las variables (precios netos y coeficientes técnicos) son constantes.

En el caso de la función objetivo, significa que la ganancia (Z) varía en la misma proporción en que varía cada actividad. Por ejemplo, si una hectárea de frijol implica una ganancia de N\$ 1000.00, diez hectáreas darán una ganancia diez veces mayor (N\$ 10,000.00).

Es decir, la relación entre las cantidades producidas (variables) y la ganancia es invariable, constante.

En caso de las restricciones, también los coeficientes de las variables (coeficientes técnicos) son constantes. Esto significa que la cantidad de un recurso empleado en una actividad y el producto que se obtiene son invariables. Por ejemplo, si una tonelada de frijol se obtiene con el empleo de diez jornales; dos toneladas requerirán el doble de jornales y tres el triple (30 jornales).

b) Aditividad.

El supuesto de aditividad indica que todas las funciones del modelo son relaciones aditivas.

En el caso de la función objetivo, significa que la ganancia total obtenida de un conjunto de actividades (Z), es igual a la suma de las ganancias parciales obtenidas en cada una de las actividades.

En las restricciones significa que la cantidad total consumida de un recurso (b_i) por el conjunto de actividades, es igual a la suma de las cantidades del recurso empleadas por cada una de dichas actividades. Por lo anterior, todas las actividades del modelo son linealmente independientes.

c) Divisibilidad.

El supuesto de divisibilidad indica que tanto los valores de las cantidades producidas, como los recursos empleados pueden ser fracciones. Por ello, las funciones del modelo son funciones continuas.

d) Finitud.

El supuesto de finitud significa que en todo modelo de programación lineal, el número de actividades (variables) incluidas y el número de restricciones a respetar es limitado.

e) Certidumbre.

El supuesto de certidumbre indica que todos los parámetros del modelo (precios netos, coeficientes técnicos y recursos disponibles) se conocen con toda certeza y no con cierto grado de probabilidad. Por ello, el modelo de programación lineal es un modelo determinístico.

4.5 Terminología para las soluciones del modelo.

Es posible que se tenga la costumbre de reservar el término solución para nombrar la respuesta final a un problema, pero la convención en programación lineal (y sus extensiones) es un tanto diferente. Aquí, cualquier especificación de valores para las variables de decisión ($x_1, x_2, \dots, x_n$) se llama solución, sin importar si es una elección deseable, o incluso admisible. Entonces se identifican los diferentes tipos de soluciones usando un adjetivo apropiado.

Una solución factible es una solución para la que se satisfacen todas las restricciones.

Es posible que un problema no tenga soluciones factibles. Dado que existen soluciones factibles, la meta de la programación lineal es hallar aquella que sea "mejor", medida por el valor de la función objetivo en el modelo.

Una solución óptima es una solución factible que tiene el valor más favorable de la

función objetivo.

Por valor más favorable se entiende el valor mayor o menor, dependiendo de si el objetivo es maximización o minimización. Así entonces, una solución óptima maximiza/minimiza la función objetivo sobre la región factible completa.

Con frecuencia, un problema tendrá sólo una solución óptima. Sin embargo, también es posible tener soluciones óptimas múltiples (más de una). La tercera posibilidad es que un problema no tenga soluciones óptimas. Esto ocurre únicamente si:

- 1) no tiene soluciones factibles, o bien,
- 2) las restricciones no evitan el crecimiento del valor de la función objetivo indefinidamente, en la dirección favorable (positiva o negativa).

4.6 El análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad es un procedimiento (o técnica) que permite analizar el efecto sobre un problema, en particular el que producen los cambios de diversos parámetros (actividades y recursos) sobre la solución óptima y el valor óptimo de la función objetivo. También es conocido como pos-óptimo o paramétrico.

4.7 Paquete computacional QSB.

El QSB (Quantitative System for Bussines) es un paquete diseñado para analizar problemas económicos, y se compone de 15 módulos. Aunque para nuestro caso sólo vamos hacer uso de uno de ellos, que es el que se refiere al de programación lineal.

Cómo entrar al QSB.

El paquete completo viene grabado en dos disquettes de 5.25 pulgadas doble lado y doble densidad. En el disco 1 se tiene integrado el módulo de Programación Lineal, por lo que solo requerimos de un disco.

Una vez que aparece el prompt del sistema operativo A>- se inserta el disco 1 de QSB y si se tiene el drive B se introduce el disco de trabajo, entonces se teclea QSB.

En seguida aparece la pantalla de presentación de QSB, se oprime [Enter]. A continuación aparece la pantalla del menú principal donde se escoge el módulo con el cual se va a trabajar.

Para trabajar en el módulo de programación lineal se oprime al [1] y aparece una pantalla que tiene las siguientes opciones:

* Option	Function	*
* 1	Overview of LP Decision Support System	*
* 2	Enter New Problem	*
* 3	Read existing problem from diskette	*
* 4	Display and to print input data	*
* 5	Solve problem	*
* 6	Save problem on diskette	*
* 7	Modify problem	*
* 8	Display and to print final solution	*
* 9	Return to the program menu	*
* 0	Exit from QSB	*

Traducción de las diferentes opciones:

- 1____Panorama del sistema de programación lineal.
- 2____Introducir un nuevo problema.
- 3____Recuperar problema existente en el disco.
- 4____Mostrar y/o imprimir los datos de entrada.
- 5____Solucionar el problema.
- 6____Grabar el problema en el disco.
- 7____Modificar el problema en el disco.
- 8____Mostrar y/o imprimir la solución final.
- 9____Retornar al menú general del QSB.
- 0____Salir de QSB.

Para trabajar con alguna opción de este módulo se mueve el cursor hacia la opción que se desea y se oprime [Enter], o se oprime el número de la opción.

Cómo introducir el primer problema.

Para introducir un problema en QSB oprima el número [2], así se elige la opción de introducir un nuevo problema. El sistema solicitará que se le introduzca un nombre que contenga un máximo de seis caracteres.

Preguntas que enmarcan el modelo:

- 1] Qué desea? Maximizar [1], o minimizar [2].
- 2] Cuántas variables va a trabajar? (se pueden utilizar hasta 500).
- 3] Cuántas restricciones? (se pueden trabajar hasta 500).
- 4] Cuántas (=)? (se da un número igual al número de restricciones).
- 5] Se quieren utilizar las variables por default? (las variables por default son $x_1, x_2, \dots, x_n$).

Una vez hecho esto se le oprime la barra espaciadora para que aparezca el formato de captura de coeficientes. Se teclea el coeficiente y se oprime [Enter], si se desea borrar se utiliza la barra espaciadora. Una vez que se termina de capturar los coeficientes se oprime dos veces [Enter] para regresar al menú principal.

Cómo resolver el problema.

Para obtener la solución al problema se elige la opción [5] del menú, y aparece el

siguiente submenú:

- 1____Solve and display the initial tableau
- 2____Solve and display the final tableau
- 3____Solve and display the initial and final tableau
- 4____Solve without displaying any tableau
- 5____Solve by using the graphic method

Se oprime la opción [2].

Cómo grabar.

Se elige la opción número [6] del menú principal (Save problem). Es necesario especificar el drive, nombre y extensión del archivo a grabar.

Cómo imprimir.

Para imprimir tanto el modelo como la solución se elige la opción [8], del menú de programación lineal, la cual nos muestra la siguiente pantalla:

- 1] Para imprimir el cuadro de la solución.
- 2] Imprime dos cuadros de la solución y el análisis de sensibilidad.

3] Despliega y manda a imprimir.

4] Lo manda en pantalla.

5] Imprime la tabla final.

V Construcción del modelo.

5.1 Componentes del modelo

5.1.1 Actividades.

En programación lineal hay tres tipos de actividades:

- 1) Actividades reales: son actividades que consisten en la compra y venta de productos y/o insumos en el mercado.
- 2) Actividades de holgura: son actividades que se usan para representar a los recursos que quedan ociosos y así convertir las desigualdades en ecuaciones.
- 3) Actividades artificiales: son actividades que se usan para tener una primera solución básica factible, con la cual será posible iniciar la aplicación del método simplex.

Dado que tanto las actividades de holgura como las artificiales, cuando es necesario su empleo, son agregadas automáticamente por la computadora, enseguida se describen únicamente las 32 actividades reales del modelo:

E, Producción de leche bajo el sistema de producción denominado especializado 1.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$0.92/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN) y es uno de los tres componentes de la producción obtenida mediante el sistema de producción especializado.

E₂ Producción de leche bajo el sistema de producción denominado especializado 2.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$0.858/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN) y es uno de los tres componentes del volumen obtenido mediante el sistema de producción especializado.

E₃ Producción de leche bajo el sistema de producción denominado especializado 3.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$0.796/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN) y es uno de los tres componentes del volumen obtenido con el sistema de producción especializado.

SE₁ Producción de leche bajo el sistema de producción denominado semiespecializado 1.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$1.433/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN) y es uno de los tres componentes del volumen obtenido mediante el sistema de producción semiespecializado.

SE₂ Producción de leche bajo el sistema de producción denominado semiespecializado 2.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$1.06/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN) y es uno de los tres componentes del volumen obtenido mediante el sistema de producción semiespecializado.

SE₃ Producción de leche bajo el sistema de producción denominado semiespecializado 3.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$1.207/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN) y es uno de los tres componentes del volumen obtenido mediante el sistema de producción semiespecializado.

DP Producción de leche bajo el sistema de producción denominado doble propósito.

La unidad de actividad es un litro.

El financiamiento que requiere es de N\$0.793/litro.

El volumen producido es una aportación a la producción nacional (PN).

FE₁ Financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema especializado 1

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 12.5% anual.

FE₂ Financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema especializado 2

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 9.4% anual.

FE₃ Financiamiento necesario para la producción de leche mediante el sistema especializado 3.

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 10.6% anual.

FSE₁ Financiamiento necesario para la producción de leche mediante el sistema semiespecializado 1.

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 12.1% anual.

FSE₂ Financiamiento necesario para la producción de leche mediante el sistema semiespecializado 2.

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 10.1% anual.

FSE₃ Financiamiento necesario para la producción de leche mediante el sistema semiespecializado 3.

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 10.8% anual.

FDP Financiamiento necesario para la producción de leche mediante el sistema doble propósito.

La unidad de actividad es un nuevo peso.

El costo o tasa de interés es de 15.7% anual.

PN Producción nacional de leche obtenida mediante los siete sistemas de producción ya mencionados.

Su precio neto es de N\$1.5/litro.

Es una de las dos fuentes de la disponibilidad total, por lo que es un flujo entrante.

IMP Importación anual de leche.

Su precio neto es de N\$1.3/litro.

Es una de las dos fuentes de la disponibilidad total, por lo que es un flujo entrante cuyo monto está definido.

DT Disponibilidad total de leche cuyo monto está definido.

Su precio neto es de N\$1.6/litro.

Es la oferta para satisfacer a dos demandas intermedias (LFC y LIN).

El 69% de su monto es un flujo entrante desde producción nacional; el 31% es flujo entrante desde importaciones.

La disponibilidad total como flujo de salida está balanceada con los dos flujos de entrada (PN e IMP) ya mencionadas.

LFC Leche fluida para consumo.

Es el volumen demandado a la disponibilidad total (DT); también es el volumen ofrecido a tres demandantes intermedios (BRO, PC, PRS).

Equivale al triple de la leche para la industria (LIN).

El 35% de su monto satisface la demanda de leche bronca (BRO); el 51% a la demanda de leche procesada para el comercio (PC) y el 14% a la demanda de leche para programas sociales.

LIN Leche para la industria.

Volumen demandado a la disponibilidad total (DT). Volumen ofrecido a cuatro demandantes finales (YOG, QUE, MAN, HEL).

Equivale a un tercio de la leche fluida para consumo (LFC).

El 7% de su monto satisface la demanda de leche para yogur (YOG); el 81% a la demanda de leche para queso (QUE); el 11.5% a la leche para mantequilla (MAN) y el 0.5% a la de helados y otros (HEL).

BRO Leche bronca.

Demandante de leche fluida para consumo (LFC); el volumen demandado equivale al 35% de LFC.

PC Leche procesada para el comercio.

Demandante de leche fluida para consumo (LFC).

Volumen ofrecido a seis demandantes (PAS, LUS, LUD, EVA, POL, SAB), equivale al 51% de LFC.

El 46.5% de su monto satisface la demanda de leche pasteurizada (PAS); el 23% la demanda de leche ultrapasteurizada CS (LUS); el 8% la de ultrapasteurizada CD (LUD); el 5% la de leche evaporada (EVA); el 15% a la leche en polvo (POL) y el 2.5% a la leche saborizada (SAB).

PRS Leche para programas sociales.

Demandante de leche fluida para consumo (LFC). Su demanda equivale al 14% de LFC.

YOG Leche para yogur.

Demandante de leche para la industria (LIN). Su demanda equivale al 7% de la LIN.

QUE Leche para queso.

Demandante de leche para la industria (LIN). Su demanda equivale al 81% de LIN.

MAN Leche para mantequilla.

Demandante de leche para la industria (LIN). Su demanda equivale al 11.5% del LIN.

HEL Leche para helados y otros.

Demandante de leche para la industria (LIN). Su demanda equivale al 0.5% de LIN.

PAS Leche pasteurizada.

Demandante de leche procesada para el comercio (PC). Su demanda equivale al 46.5%.

LUS Leche ultrapasteurizada concentración simple. Demandante de PC. Su demanda equivale al 23% de PC.

LUD Leche ultrapasteurizada concentración doble.

Demandante de PC. Su demanda equivale al 8% de PC.

EVA Leche evaporada.

Demandante de PC. Su demanda equivale al 5% de PC.

POL Leche en polvo.

Demandante de PC. Su demanda equivale al 15% de PC.

SAB Leche saborizada.

Demandante de PC. Su demanda equivale al 2.5% de PC.

5.1.2 Restricciones.

Las restricciones a las cuales está sujeta la función objetivo del modelo son las siguientes:

R₀₁ El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema especializado 1, debe ser igual al costo del volumen producido.

R₀₂ El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema especializada

2, debe ser igual al costo del volumen producido.

R_{03} El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema especializado 3, debe ser igual al costo del volumen producido.

R_{04} El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema semiespecializado 1, debe ser igual al costo del volumen producido.

R_{05} El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema semiespecializado 2, debe ser igual al costo del volumen producido.

R_{06} El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema semiespecializado 3, debe ser igual al costo del volumen producido.

R_{07} El financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema doble propósito, debe ser igual al costo del volumen producido.

En las siete restricciones, el nivel disponible (b_i) es de cero. Esto permite calcular el crédito total necesario para la producción bajo el supuesto que los productores de leche no aportan recursos propios.

R_{08} La producción nacional de leche (PN) debe ser igual a la suma de los volúmenes

producidos, por medio de los siete sistemas de producción. Por razones obvias el nivel disponible es cero.

R₀₉ La producción obtenida por medio de los tres tipos del sistema de producción especializado debe ser menor o igual a 1,825 millones de litros.

R₁₀ La producción obtenida por medio de los tres tipos del sistema de producción semiespecializado debe ser menor o igual a 3,285 millones de litros.

R₁₁ La producción obtenida por medio del sistema de producción doble propósito debe ser igual o menor que 2,190 millones de litros.

R₁₂ La disponibilidad total (DT) de leche debe ser igual o menor que 10,500 millones de litros. El nivel disponible (b_{12}) es la suma de producción nacional (PN) y de importaciones (IMP).

R₁₃ Ecuación de balance entre la disponibilidad total (DT) como oferta y los dos tipos de demanda intermedia que satisface: leche fluida para consumo (LFC) y leche para la industria (LIN). El nivel disponible (b_{13}) es cero.

R₁₄ Balance entre la leche fluida para consumo (LFC) y sus tres destinos: leche bronca (BRO), leche procesada para el comercio (PC) y leche para programas sociales

(PRS).

R₁₅ balance entre la leche para la industria (LIN) y sus cuatro destinos: yogur (YOG), queso (QUE), mantequilla (MAN), helados y otros (HEL).

R₁₆ Balance de la leche procesada para el comercio (PC) y sus seis destinos finales: pasteurizada (PAS), ultrapasteurizada CS (LUS), ultrapasteurizada CD (LUD), evaporada (EVA), en polvo (POL) y saborizada (SAB).

R₁₇ Igualdad de leche fluida para consumo (LFC) y el triple de leche para la industria (LIN).

R₁₈ Igualdad de leche bronca (BRO) y el 35% de leche fluida para consumo (LFC).

R₁₉ Transferencia del 51% de la leche fluida para consumo (LFC) hacia procesada para el comercio (PC).

R₂₀ Transferencia del 14% de la leche fluida para consumo (LFC) hacia programas sociales (PRS).

R₂₁ Transferencia del 7% de la leche para la industria (LIN) hacia su consumo final como yogur (YOG).

R₂₂ Transferencia del 81% de la leche para la industria (LIN) hacia su consumo final como queso (QUE).

R₂₃ Transferencia del 11.5% de la leche para la industria (LIN) hacia su consumo final como mantequilla (MAN).

R₂₄ Transferencia del 0.005% de la leche para la industria (LIN) hacia su consumo final como helados y otros (HEL).

R₂₅ Transferencia del 46.5% de la leche procesada para el comercio (PC) hacia su consumo final como leche pasteurizada (PAS).

R₂₆ Transferencia del 23% de la leche procesada para el comercio (PC) hacia su consumo final como leche ultrapasteurizada concentración simple (LUS).

R₂₇ Transferencia del 8% de la leche procesada para el comercio (PC) hacia su consumo final como leche ultrapasteurizada concentración doble (LUD).

R₂₈ Transferencia del 5% de la leche procesada para el comercio (PC) hacia su consumo final como leche evaporada (EVA).

R₂₉ Transferencia del 15% de la leche procesada para el comercio (PC) hacia su

consumo final como leche en polvo (POL).

R₃₀ Transferencia del 2.5% de la leche procesada para el comercio (PC) hacia su consumo final como leche saborizada (SAB).

R₃₁ Igualdad entre la producción nacional (PN) y el 69% de la disponibilidad total (DT).

R₃₂ Igualdad entre la importación (IMP) y el 31% de la disponibilidad total (DT).

R₃₃ Balance entre la disponibilidad total (DT) y sus dos orígenes : Producción nacional (PN) e importaciones (IMP).

R₃₄ La importación de leche (IMP) debe ser menor o igual que 3,200 millones de litros.

5.1.3 Precios netos y coeficientes técnicos.

a) Los precios netos.

Los precios netos, como se mencionó anteriormente, son los coeficientes de la función objetivo, e indican de que manera el valor total de la solución es afectado por la adición de una unidad de actividad. Es decir, representa la utilidad que se espera obtener de una unidad de actividad.

El signo de los coeficientes se determina de acuerdo en la estructura propia del modelo.

El coeficiente para producir leche con el sistema especializado 1 es de -\$0.92. Los coeficientes de las actividades de producción se obtuvieron del cuadro 6.

El coeficiente para producir leche con el sistema especializado 2 es de -\$0.858.

El coeficiente para producir leche con el sistema especializado 3 es de -\$0.796.

El coeficiente para producir leche con el sistema semiespecializado 1 es de -\$1.433.

El coeficiente para producir leche con el sistema semiespecializado 2 es de -\$1.06.

El coeficiente para producir leche con el sistema semiespecializado 3 es de -\$ 1.207.

El coeficiente para producir leche con el sistema de doble propósito es de -\$0.793.

Los coeficientes de las variables FE_1 , FE_2 , FE_3 , FSE_1 , FSE_2 , FSE_3 y FDP se obtuvieron del cuadro 6.

Los coeficientes de PN, IMP y DT son 1.5, 1.3 y 1.6 respectivamente, y se obtuvieron de FIRA.

Los coeficientes de las demás variables de la función objetivo son iguales a 1, porque son actividades de distribución.

b) Los coeficientes técnicos.

Los coeficientes se obtuvieron de los cuadros 5 y 6.

Los RHS (lado derecho de las restricciones) representan las cantidades disponibles de los recursos. Son 1825 para R_{09} ; 3285 para R_{10} ; 2190 para R_{11} ; 10500 para R_{12} y 3200 para R_{34} . Estas disponibilidades fueron tomadas según Muñoz Rodríguez, Odermatt Burry y Reyes Altamirando (ver 6).

En las restantes 29 restricciones es cero ya que son ecuaciones de balance o igualdad entre cantidades ofertadas y demandadas.

5.2 Planteamiento matemático.

La siguiente ecuación representa la Función Objetivo del problema (ver anexo):

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } & -0.92E_1 - 0.0858E_2 - 0.796E_3 - 1.433SE_1 - 1.06SE_2 - 1.207SE_3 - \\ & 0.793DP - 0.125FE_1 - 0.094FE_2 - 0.106FE_3 - 0.121FSE_1 - 0.101FSE_2 - 0.108FSE_3 - \\ & 0.157FDP + 1.5PN + 1.3IMP + 1.6DT + 1.0LFC \\ & + 1.0LIN + 1.0BRO + 1.0PC + 1.0PRS + 1.0YOG + 1.0QUE + 1.0MAN \\ & + 1.0HEL + 1.0PAS + 1.0LUS + 1.0LUD + 1.0EVA + 1.0POL + 1.0SAB. \end{aligned}$$

Sujeta a

$$R_{01} \quad 0.92E_1 - 1.0FE_1 \leq 0$$

$$R_{02} \quad 0.858E_2 - 1.0FE_2 \leq 0$$

$$R_{03} \quad 0.796E_3 - 1.0FE_3 \leq 0$$

$$R_{04} \quad 1.433SE_1 - 1.0FSE_1 \leq 0$$

$$R_{05} \quad 1.06SE_2 - 1.0FSE_2 \leq 0$$

$$R_{06} \quad 1.207SE_3 - 1.0FSE_3 \leq 0$$

$$R_{07} \quad 0.793DP - 1.0FDP \leq 0$$

$$R_{08} \quad -1.0E_1 - 1.0E_2 - 1.0E_3 - 1.0SE_1 - 1.0SE_2 - 1.0SE_3 - \\ 1.0DP + 1.0PN \leq 0$$

$$R_{09} \quad 1.0E_1 + 1.0E_2 + 1.0E_3 \leq 1825$$

$$R_{10} \quad 1.0SE_1 + 1.0SE_2 + 1.0SE_3 \leq 3285$$

$$R_{11} \quad 1.0DP \leq 2190$$

$$R_{12} \quad 1.0DT \leq 10500$$

$$R_{13} \quad -1.0DT + 1.0LFC + 1.0LIN \leq 0$$

$$R_{14} \quad -1.0LFC + 1.0BRO + 1.0PC + 1.0PRS \leq 0$$

R_{15}	$-1.0\text{LIN}+1.0\text{YOG}+1.0\text{QUE}+1.0\text{MAN}+1.0\text{HEL} \leq 0$
R_{16}	$-1.0\text{PC}+1.0\text{PAS}+1.0\text{LUS}+1.0\text{LUD}+1.0\text{EVA}+1.0\text{POL}+1.0\text{SAB} \leq 0$
R_{17}	$+1.0\text{LFC}-3.03\text{LIN} = 0$
R_{18}	$-0.35\text{LFC}+1.0\text{BRO} \leq 0$
R_{19}	$-0.51\text{LFC}+1.0\text{PC} \leq 0$
R_{20}	$-0.14\text{LFC}+1.0\text{PRS} \leq 0$
R_{21}	$-0.7\text{LIN}+1.0\text{YOG} \leq 0$
R_{22}	$-0.81\text{LIN}+1.0\text{QUE} \leq 0$
R_{23}	$-0.115\text{LIN}+1.0\text{MAN} \leq 0$
R_{24}	$-0.5\text{LIN}+1.0\text{HEL} \leq 0$
R_{25}	$-0.465\text{PC}+1.0\text{PAS} \leq 0$
R_{26}	$-0.23\text{PC}+1.0\text{LUS} \leq 0$
R_{27}	$-0.08\text{PC}+1.0\text{LUD} \leq 0$
R_{28}	$-0.05\text{PC}+1.0\text{EVA} \leq 0$
R_{29}	$-0.15\text{PC}+1.0\text{POL} \leq 0$

$$R_{30} \quad -0.025PC+1.0SAB \leq 0$$

$$R_{31} \quad +1.0PN-0.69DT \leq 0$$

$$R_{32} \quad 1.0IMP-0.31DT \leq 0$$

$$R_{33} \quad -1.0PN-1.0IMP+1.0DT \leq 0$$

$$R_{34} \quad 1.0IMP \leq 3200$$

A continuación se representa la matriz de coeficientes técnicos (cuadro 12).

Cuadro 11. Matriz de coeficientes.

	E1	E2	E3	SE1	SE2	SE3	DP	FE1	FE2	FE3	FSE1	FSE2	FSE3	FDP	PN	IMP
F.O.	-0.92	-0.858	-0.796	-1.433	-1.06	-1.207	-0.793	-0.125	-0.094	-0.106	-0.121	-0.101	-0.108	-0.157	1.5	1.3
R01	0.92							-1								
R02		0.858							-1							
R03			0.796							-1						
R04				1.433							-1					
R05					1.06							-1				
R06						1.207							-1			
R07							0.793							-1		
R08	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1							-1		
R09	1	1	1												1	
R10				1	1	1										
R11							1									
R12																
R13																1
R14																
R15																
R16																
R17																
R18																
R19																
R20																
R21																
R22																
R23																
R24																
R25																
R26																
R27																
R28																
R29																
R30																
R31																
R32															1	
R33																1
R34															-1	-1
																1

DT	LFC	LIN	BRO	PC	PRS	YOG	QUE	MAN	HEL	PAS	LUS	LUD	EVA	POL	SAB	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
																<=0
																<=0
																<=0
																<=0
																<=0
																<=0
																<=0
																0
																<=1825
																<=3285
																<=2190
																<=10500
-1	1	1														<=0
	-1		1	1	1											<=0
		-1				1	1	1	1							<=0
			-1							1	1	1	1	1	1	<=0
	1	-3.03														=0
	-0.35		1													<=0
	-0.51			1												<=0
	-0.14				1											<=0
		-0.07				1										<=0
		-0.81					1									<=0
		-0.115						1								<=0
		-0.005							1							<=0
				-0.465						1						<=0
				-0.23							1					<=0
				-0.08								1				<=0
				-0.05									1			<=0
				-0.15										1		<=0
				-0.025											1	<=0
-0.69																<=0
-0.31																<=0
1																<=0
																<=3200

5.3 Obtención de los datos.

Los datos que se utilizaron en este trabajo fueron adquiridos en diferentes fuentes de información:

- Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).
- Confederación Nacional Ganadera.
- Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura (FIRA, Banco de México).

VI Discusión de resultados.

6.1 Programa óptimo de actividades.

El paquete computacional QSB, dió como resultado óptimo los siguientes valores (ver cuadro 12):

Cuadro 12. Resultados.

Variables Reales	Precios Sombra	Variables Holgura	Precios Sombra
E1=0	0.0396	S1=0	0
E2=0	0	S2=0	0.0260
E3=1825	0	S3=0	0.1060
SE1=0	0.2659	S4=0	0
SE2=3107.58	0	S5=0	0.101
SE3=0	0.0399	S6=0	0
DP=2190	0	S7=0	0.157
FE1=0	0.1250	S8=0	1.167
FE2=0	0.06792	S9=0	0.28668
FE3=1452.7	0	S10=177.41	0
FSE1=0	0.121	S11=0	0.2495
FSE2=3294.03	0	S12=177.41	0
FSE=0	0.108	S13=0	2.3834
FDP= 1736.669	0	S14=0.000115	0
PN=7122.58	0	S15=0	1.0
IMP=3200	0	S16=0	1.0
DT=10322	0	S17=0	0.1265
LFC=7761.146	0	S18=0	1.0
LIN=2561.4346	0	S19=0	2.0
BRO=2716.4	0	S20=0	1.0
PC=3958.1846	0	S21=0	0
PRS=1086.5606	0	S22=0	0
YOG=179.3	0	S23=0	0
QUE=2074.7622	0	S24=115.2648	0
MAN=294.56497	0	S25=0	0
HEL=12.8068	0	S26=0	0
PAS=1840.55	0	S27=0	0
LUS=910.3824	0	S28=0	0
LUD=316.6547	0	S29=0	0
EVA=197.9092	0	S30=0.000035	0
POL=593.7277	0	S31=0	13.9238
SAB=98.9545	0	S32=0	0
		S33=0	13.5908
		S34=0	14.8908

El valor máximo de la producción de leche que se obtuvo al utilizar los tres tipos de tecnologías seleccionadas por el programa computacional fue de \$48, 720.6 millones de pesos.

Nos da como resultado utilizar las siguientes tres tecnologías: sistema especializado 3 (E_3), produciendo con ella 1, 825 millones de litros; sistema semiespecializado 2 (SE_2), produciendo con está 3,107.5808 millones de litros; y el sistema doble propósito (DP), produciendo 2,190 millones de litros.

También da como resultado utilizar las fuentes de financiamiento para el sistema especializado 3 (FE_3), con una inversión de 1,452.7 millones de pesos; para el sistema semiespecializado 2 (FSE_2), con una inversión de 3,294.0356 millones de pesos; y el sistema doble propósito (FDP), con una inversión de 1,736.6699 millones de pesos.

Las demás actividades seleccionadas fueron: la producción nacional (PN) con 7,122.581 1 millones de litros, las importaciones con (IMP) 3,200 millones de litros, la disponibilidad total (DT) con 10,322.581 millones de litros, leche fluida para el consumo (LFC) con 7,761.1465 millones de litros, leche para la industria (LIN) con 2,561.4346 millones de litros, leche bronca (BRO) con 2,716.4011 millones de litros, leche procesada para el comercio (PC) con 3,958.1846 millones de litros, leche para programas sociales (PRS) con 1,086.5606 millones de litros, leche para yogur (YOG) con 179.30042 millones de litros, leche para queso (QUE) con 2,074.7622 millones de litros, leche para la

elaboración de mantequilla (MAN) con 294.56497 millones de litros, leche para helados y otros (HEL) con 12.806859 millones de litros, leche para pasturizar (PAS) con 1,840.5558 millones de litros, leche ultrapasteurizada concentración simple (LUS) con 910.38245 millones de litros, leche ultrapasteurizada concentración doble (LUD) con 316.65475 millones de litros, leche evaporada (EVA) con 197.90923 millones de litros, leche en polvo (POL) con 593.72772 millones de litros y leche saborizada (SAB) con 98.954582 millones de litros.

6.2 Precios sombra de las actividades.

Los precios sombra de las actividades excluidas de la solución óptima, indican el cambio que sufriría el valor de la función objetivo, si se incluyera en la solución una unidad de dicha actividad excluida.

La actividad E_1 (sistema especializado 1), tiene un precio sombra de \$0.03962401, lo cual indica que en esa cantidad disminuiría la ganancia total por cada litro de leche que se produjera por esta tecnología.

La actividad E_2 (sistema especializado 2), tiene un precio sombra cero, lo cual indica que si se incluyera en la solución óptima, la ganancia total no variaría.

La actividad SE_1 (sistema semiespecializado 1), tiene un precio sombra de \$0.26594004,

lo cual indica que en esa cantidad disminuirá la ganancia total por cada litro de leche que se produzca por esta tecnología.

La actividad SE_3 (sistema especializado 3), tiene un precio sombra de \$0.03994008, lo cual indica que en esa cantidad disminuirá la ganancia total por cada litro de leche que se produzca por esta tecnología.

La actividad FE_1 (financiamiento necesario para la producción de leche con el sistema especializado 1), tiene un precio sombra de \$0.125, lo cual indica que en esa cantidad disminuirá la ganancia total por cada peso utilizado bajo esta actividad.

La actividad FE_2 (financiamiento necesario para la producción de leche bajo el sistema especializado 2), tiene un precio sombra de \$0.06792072, lo cual indica que en esta cantidad disminuirá la ganancia total por cada peso utilizado bajo esta actividad.

La actividad FSE_1 (financiamiento necesario para la producción de leche bajo el sistema semiespecializado 1), tiene un precio sombra de \$0.121, lo cual indica que en esta cantidad disminuirá la ganancia total por cada peso utilizado bajo dicha actividad.

La actividad FSE_3 (financiamiento necesario para la producción de leche bajo el sistema semiespecializado 3), tiene un precio sombra de \$0.108, lo cual indica que en esa cantidad disminuirá la ganancia total por cada peso utilizado bajo dicha actividad.

6.3 Variables de holgura y sus precios sombra.

Los valores óptimos para la variable de holgura indican la cantidad que debe agregarse a la cantidad empleada del recurso correspondiente para que sea igual a la cantidad disponible.

Así tenemos que $S_{10} = 177.42$ indica que la producción obtenida por medio de las tres tecnologías semiespecializadas resultó menor que 3285 millones de litros en 177. 419 millones de litros.

$S_{12} = 177.42$ indica que la disponibilidad total de leche (DT) resultó menor que 10,500 millones de litros en 177.420 millones de litros.

$S_{14} = 0.00011565$ indica lo que falta para que se consiga el balance o igualdad entre la leche fluida para consumo (LFC) y sus tres destinos que son: leche bronca (BRO), leche procesada para el comercio (PC) y leche para programas sociales (PRS). Prácticamente si hay balance.

$S_{24} = 115.26$ indica que faltaron 115, 260 litros para que efectivamente el 0.005% de la leche para la industria fuera transferida hacia el consumo final como helados y otros.

El recurso financiamiento para la producción de leche especializada 2 (R_{02}) presenta un precio sombra de 0.0260, lo que indica que la tasa de interés de equilibrio, del capital canalizado hacia esta tecnología es de 2.60%, mientras que la tasa cobrada en realidad es de 9.4%. En otros términos, los productores de leche que emplean tecnología especializada 2, no les conviene pagar un tasa de interés mayor del 2.60%.

Desde este punto de vista -costo de financiamiento- todavía están en peor situación, los productores que emplean la tecnología especializada 1 (R_{01}), ya que solo podría pagar una tasa de interés del 0%. Los productores con la tecnología semiespecializada 1 y los productores con tecnología semiespecializada 3, están en la mismas condiciones que la tecnología especializada 1.

En cambio, las tecnologías incluidas en el programa óptimo, si pueden pagar las tasas de interés cobradas, que fueron de 10.6% anual para el sistema especializado 3 (E_3) y de 10.1% para los productores con tecnología semiespecializada 2 (SE_2) y 15.7% para los productores con tecnología doble propósito. Dichas tecnologías presentes en la solución óptima, tienen tasa de equilibrio (precio sombra) de 10.6%, 10.1% y 15.7% respectivamente.

La restricción R_{09} se refiere a la leche producida con tecnologías especializadas (E_1 , E_2 y E_3), y tiene un precio sombra por litro de \$0.2867, lo cual indica que en esta magnitud disminuirá la ganancia máxima, por cada litro que dejara de producirse mediante el

empleo de las tecnologías especializadas.

La R_{11} representa a la leche producida con la tecnología doble propósito (DP), tiene un precio sombra por litro de \$0.2495, por lo que en esa magnitud bajará la ganancia máxima, por cada litro que deje de producirse mediante el empleo de la tecnología de doble propósito.

La restricción R_{13} es relativa a las demandas intermedias: leche fluida para consumo (LFC) y leche para consumo industrial (LIN) tienen un precio de equilibrio de \$2.38 lo que indica que en esa cantidad disminuirá la ganancia máxima, por cada litro de la disponibilidad total (DT) de leche, que dejara de destinarse a los dos usos ya mencionados.

El litro de leche destinado a satisfacer la demanda final: yogur, queso, mantequilla, helados y otros, pasteurizada, ultrapasteurizada CS, ultrapasteurizada CD, evaporada, en polvo y saborizada, tiene un precio de equilibrio de \$1.00. Restricciones R_{15} y R_{16} .

La restricción R_{18} relativa a la demanda de leche por parte de los consumidores de leche bronca (BRO) tiene un precio de equilibrio de \$1.00, lo que indica que en esa cantidad se reducirá la ganancia por cada litro de leche fluida para consumo, que no se enviara a los consumidores.

La restricción R_{19} relativa a la demanda de leche por parte del comercio para procesar tiene un precio de equilibrio de \$ 2.00, lo que indica que en esa cantidad se reducirá la ganancia por cada litro de leche fluida para consumo (LFC), que no se enviara a los comerciantes para su procesamiento.

La restricción R_{20} relativa a la demanda de leche por parte de los programas sociales (PRS) tiene un precio de equilibrio de \$1.00, lo que indica que en esa cantidad se reducirá la ganancia por cada litro de leche fluida para consumo (LFC), que no se enviara a su procesamiento.

La restricción R_{31} relativa a la fracción (69%) de la disponibilidad total (DT) que es aportada por la producción nacional (PN), tiene un precio de equilibrio de \$ 13.92, lo cual indica que en esa cantidad se reducirá la ganancia máxima de todo el sistema, por cada litro de leche disponible que no se produjera en el país por debajo del 69% actual. En otros terminos la ganancia aumentaría en \$ 13.92 por cada litro de leche adicional que se produjera en el país por arriba del 69% producido.

La restricción R_{34} relativa al monto (3,200 millones de litros) que representa la importación de leche, tiene un precio de equilibrio de \$ 14.89, y por ende en esta cantidad bajará la ganancia del sistema por cada litro de leche disponible, que deje de importarse por debajo de los 3,200 millones importados.

6.4 Análisis de sensibilidad.

Cuadro 13. Análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo.

Variable	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
E1	-Infinity	-0.92	-0.880376
E2	-0.880376	-0.858	-0.799724
E3	-0.835624	-0.796	-0.773624
SE1	-Infinity	-1.433	-1.16706
SE2	-1.09994	-1.06	-0.810441
SE3	-Infinity	-1.207	-1.16706
DP	-1.04256	-0.793	+Infinity
FE1	-Infinity	-0.125	0.0
FE2	-Infinity	-0.94	-0.026079
FE3	-0.155779	-0.106	-0.077889
FSE1	-Infinity	-0.121	0.0
FSE2	-0.138679	-0.101	0.0
FSE3	-Infinity	-0.108	0.0
FDP	-0.471702	-0.157	0.0
PN	-2.81639	1.5	+Infinity
IMP	-13.5909	1.3	+Infinity
DT	-2.61318	1.6	+Infinity
LFC	-2.17007	1.0	+Infinity
LIN	-8.60530	1.0	+Infinity
BRO	0.0	1.0	+Infinity
PC	-1.0	1.0	+Infinity
PRS	0.0	1.0	+Infinity
YOG	1.0	1.0	+Infinity
QUE	1.0	1.0	+Infinity
MAN	1.0	1.0	+Infinity
HEL	0.0	1.0	+1.0
PAS	1.0	1.0	+Infinity
LUS	1.0	1.0	+Infinity
LUD	1.0	1.0	+Infinity
EVA	1.0	1.0	+Infinity
POL	1.0	1.0	+Infinity
SAB	0.0	1.0	1.0

a) Para los precios netos o coeficientes de la función objetivo (ver cuadro 14).

Para E_1 (sistema especializado 1), que es una actividad que no entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango de costos mínimo de menos infinito a un máximo de 0.880376, siendo este segundo menor un 4.3% del valor original. Teniendo que disminuir en este porcentaje el valor original (0.92) para que pudiera entrar en la solución final.

Para E_2 (sistema especializada 2) , que es una actividad que no entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango mínimo de -0.880376 y un rango máximo de -0.799724; teniendo una variación del primero -2.6% del valor original y 6.79% para el segundo. Si se rebasan estos porcentajes, el conjunto de variables que constituyen la solución óptima podría variar.

Para E_3 (sistema especializado 3), que es una actividad que si entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango mínimo de -0.835624 y un rango máximo de -0.773624; teniendo una variación del primero de -4.978% del valor original y 2.811% para el segundo. Dentro de dichos límites no varía el valor óptimo de E_3 que es 1825.

Para SE_1 (sistema semiespecializado 1), que es una actividad que no entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango mínimo de -Infinito y un máximo de -1.16706, teniendo una variación del segundo de 18.558% del valor original. Si el costo original

(1.433) bajara más alla de 1.167 la actividad SE_1 entraría en la solución óptima.

Para SE_2 (sistema semiespecializado 2), que es una actividad que si entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango mínimo de -1.09994 y un máximo de -0.810441; teniendo una variación del primero del -3.7679% del valor original y 23.54% para el segundo. Si se rebasan estos porcentajes, el valor óptimo de SE_2 (3107.58) ya no será valido.

Para SE_3 (sistema semiespecializado 3), que es una actividad que no entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango mínimo de menos Infinito a un máximo de -1.16706; teniendo una variación del segundo del 3.309% respecto al valor original. Si se revasan estos porcentajes, el conjunto de variables que constituyen la solución óptima podría variar.

Para DP (sistema doble propósito), que es una actividad que si entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango mínimo de -1.04256 y un máximo de más infinito; teniendo una variación del primero del 31.47% respecto al valor original. Si se revasa este porcentaje, el conjunto de variables que constituyen la solución óptima podría variar.

Para FE_1 (financiamiento para el sistema especializado 1), que es una actividad que no entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango de tasa de interés de menos infinito hasta cero; siendo el valor original de 0.125 (12.5%), teniendo que disminuir este

último hasta cero para entrar a la solución óptima.

Para FE_2 (financiamiento para el sistema especializado 2), que es una actividad que no entra en la solución óptima, se encuentra entre un rango de tasa de interés de menos infinito hasta 0.026079 (2.6%), teniendo una variación del segundo del 72.25% respecto al valor original. Es decir para que esta actividad entre a la solución óptima, la tasa de interés del capital debe de tener como máximo el 2.6% de interés, y el valor original es de 9.4%.

Para FE_3 (financiamiento para el sistema especializado 3), que es una actividad que si entra en la solución óptima, teniendo un rango de tasas de interés del 7.78% a 15.57%, siendo el original el 10.6%. Esta actividad puede soportar un aumento del 46.96% respecto al original.

Para FSE_1 (financiamiento para el sistema semiespecializado 1), que es una actividad que no entra en la solución óptima, tiene un rango de menos infinito hasta cero, teniendo que bajar el valor original (12.5%) hasta cero para poder entrar a la solución óptima.

Para FSE_2 (financiamiento para el sistema semiespecializado 2), que es una actividad que si entra en la solución óptima, teniendo un rango de tasa de interés de cero hasta el 13.86%; siendo el original 10.1%, y este último puede soportar un incremento del 37.3%.

Para FSE_3 (financiamiento para el sistema semiespecializado 3), que es una actividad que no entra en la solución óptima, teniendo un rango del menos infinito hasta cero, lo cual nos indica que la tasa de interés debe bajar hasta cero para entrar a la solución óptima, siendo la original de 10.8%.

Para FDP (financiamiento para el sistema doble propósito), que es un actividad que si entra en la solución óptima, teniendo un rango de cero hasta 47.17%, siendo el original de 15.7% y soportando un incremento del 200%.

b) Para los RHS.

Cuadro 14. Análisis de sensibilidad para los RHS.

Restricción	Min. B(i)	Original	Max B(i)
1	0	0	+infinity
2	0	0	+1565.85
3	-infinity	0	1452.70
4	0	0	+infinity
5	-infinity	0	3294.04
6	0	0	+infinity
7	-infinity	0	1736.67
8	-177.419	0	3107.58
9	1647.58	1825	4932.58
10	3107.58	3285	+infinity
11	2012.58	2190	5297.58
12	10322.6	10500	+infinity
13	-10322.6	0	+infinity
14	-0.00011	0	+infinity
15	-12.8069	0	115.265
16	-98.9546	0	0.000035
17	-31277.4	0	10322.6
18	-2716.4	0	0.000116
19	-3958.18	0	0.000116
20	-1086.56	0	0.000116
21	-115.265	0	12.8069
22	-115.265	0	12.8069
23	-115.265	0	12.8069
24	-115.265	0	+infinity
25	-0.000035	0	98.9546
26	-0.000035	0	98.9546

27	-0.000035	0	98.9546
28	-0.000035	0	98.9546
29	-0.000035	0	98.9546
30	-0.000035	0	+infinity
31	0.0	0	54.9999
32	0.0	0	+infinity
33	0.0	0	55.0001
34	1803.84	3200	3255

Para R_{09} , que se refiere a la producción de leche por los sistemas de tecnología especializada, tiene un rango de 1,647.58 a 4,932.58 millones de litros, con un valor original de 1825 millones de litros, soportando una disminución del 9.72% y un incremento del 170.278%. El ingreso total aumentará por cada litro de leche adicional que se produjera a partir de los 1,825 millones de litros hasta 4,932.58 millones de litros en \$0.28668395 por cada litro.

Para R_{10} , que se refiere a la producción de leche por los sistemas de tecnología semiespecializada, tiene un rango de 3,107.5811 millones de litros hasta infinito, siendo el original de 3,285 millones de litros. El producir un litro de leche extra en este sistema no produce mayor beneficio, ya que su precio sombra es cero.

Para R_{11} , que se refiere al sistema doble propósito, tiene un rango de 2,012.5809 hasta 5,297.5811 millones de litros, siendo el original el de 2190 millones de litros, soportando una disminución del 8.10% y un incremento del 141.89%. El ingreso total aumentará por cada litro de leche adicional que se produjera a partir de los 2,190 millones de litros hasta 5,297.5811 millones de litros en \$0.24955896 por cada litro.

Para R_{12} , que se refiere a la disponibilidad total, tiene un rango de 10,322.580 millones de litros hasta infinito, siendo el original de 10,500 millones de litros. El tener un litro de leche, extra no produce mayor beneficio, ya que su precio sombra es cero.

Para R_{34} , que se refiere a las importaciones, tiene un rango de 1,803.8405 hasta 3,255 millones de litros, siendo el original de 3200 millones de litros, soportando un decremento del 43.63% y un incremento del 1.7187%. El ingreso total aumentará por cada litro de leche adicional que se produjera a partir de los 3,200 millones de litros hasta los 3255 millones de litros en \$14.890897 por cada litro.

De las hipótesis planteadas en el capítulo uno, se determino que son validas de acuerdo a las condiciones planteadas (rentabilidad y tecnología) en este trabajo, ya que el sistema de producción especializado si representa la opción más viable para la producción. Así mismo, el apoyo financiero requerido rebaza las posibilidades internas del sector.

Se logro cumplir con los objetivos propuestos: determinar los requerimientos financieros, analizar el grado de competitividad entre las tecnologías utilizadas (especializada, semiespecializada y doble propósito) y realizar una base de datos para analizar el sector.

VII Recomendaciones.

1) En base a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede recomendar la utilización de los siguientes sistemas de tecnologías: sistema especializado 3, sistema semiespecializado 2 y sistema doble propósito (E_1 , SE_2 y DP).

2) La observación de los precios sombra, de los cuatro sistemas de tecnología excluidas de la solución óptima, indica que en caso de que la producción total nacional de leche, no pudiera obtenerse mediante el uso exclusivo de los tres sistemas de tecnología seleccionados, (sistema especializado 3, sistema semiespecializado 2 y sistema doble propósito), podría recomendarse como otra alternativa el producir con el sistema especializado 2 (E_2), o con el sistema especializado 1 (E_1), ya que son los que por tener menor precio sombra (0 y 0.0396), son las que menos reducen el valor de la ganancia óptima.

3) La observación de los precios sombra, de las actividades de financiamiento excluidas de la solución óptima, indica que en caso de que el financiamiento total de la producción de leche, no pudiera destinarse a los tres sistemas de tecnología seleccionados (financiamiento del sistema especializado 3, financiamiento semiespecializado 2 y financiamiento doble propósito), podría recomendarse como otra alternativa utilizar las actividades de financiamiento FE_2 (financiamiento para la producción de leche especializado 2), ó FSE_3 (financiamiento para la producción con el sistema

semiespecializado 3), ya que son las que por tener precios sombra menores (0.0679 y 0.108), son los que menos reducen la ganancia óptima.

4) Los productores necesitan un mejor control y regulación de las importaciones de leche y sus derivados, o al menos que se igualen los apoyos y subsidios que aplican los socios comerciales de México en el TLC y de los países que exportan leche y derivados lácteos a nuestro país.

5) Los efectos de los sucesos económicos en el período 1988-1993 impactaron en forma diferente a cada empresa, pues las que se modernizaron sus procesos productivos para reducir costos y/o incrementar beneficios resultaron menos afectadas y podrán aprovechar las oportunidades que ofrecerá el entorno. Las empresas que se han resistido al cambio estarán expuestas inclusive a desaparecer.

6) Se recomienda un estudio que viera en más en detalle las siguientes etapas de la cadena productiva para poder tener una descripción más completa de la misma, permitiendo así, una evaluación más exhaustiva.

VIII Bibliografía.

- 1.- Hillier, Frederick y Lieberman, Gerarld J. 1989. Introducción a la Investigación de Operaciones. McGraw Hill.
- 2.- División de Divulgación y Publicaciones de FIRA. 1994. Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas. Leche.
- 3.- Reina Corona Enrique.1967. Producción, mercado y consumo de leche en el D.F. UACH.
- 4.- Esparza Martínez Gustavo.1971. El consumo de leche y sus derivados en el puerto de Veracruz. UACH.
- 5.- Revilla Aurelio. 1985. Tecnología de la leche. Procesamiento, manufactura y análisis. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura.
- 6.- Muñoz Rodríguez Manrrubio, Odermatt Burry Pius y Reyes Altamirano Cárdenas J. 1995. Retos y Oportunidades del Sistema Leche ante la Apertura Comercial. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroidustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

7.- Lozano Zay Diana E. 1992. Situación Nacional del Sector Lechero. Empresas/Corporativa IV.

8.- Confederación Nacional Ganadera. 1995. Información Económica Pecuaria. Dirección de Estudios Económicos y Comercio Internacional.

9.- CONASUPO. 1970. Qué es CONASUPO. CONASUPO

10.- Consejo Directivo de la Confederación Nacional Ganadera. 1992. Informe de actividades. Grupo Editorial Eón, S. A. de C. V.

11.- Barron Aguilar Silvia. 1993. Minimización de Costos de Transporte del Ajo (*allium sativum*). Universidad Autónoma Chapingo.

12.- Gould, F.J., Eppen, G.D. y Schmidt, C.P. 1982. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. Tercera edición.

13.- Cerqueda Angeles, Carlos. 1994. Modelo óptimo de transporte para la comercialización del nopal verdura. UACH.

14.- Soto Neri, Antonio. 1991. La programación lineal aplicada al problema del transporte de café. UACH.

X Anexo.- Salida de computo sobre la formulación y solución del modelo empírico.


```

ax -.920000E1 -.858000E2 -.796000E3 -1.43300SE1 -1.06000SE2
-1.20700SE3 -.793000DP -.125000FE1 -.094000FE2 -.106000FE3
-.121000FSE1-.101000FSE2-.108000FSE3-.157000FDP +1.50000PN
+1.30000IMP +1.60000DT +1.00000LFC +1.00000LIN +1.00000BRO
+1.00000PC +1.00000PRS +1.00000YOG +1.00000QUE +1.00000MAN
+1.00000HEL +1.00000PAS +1.00000LUS +1.00000LUD +1.00000EVA
+1.00000POL +1.00000SAB

```

ubject to

```

1) +.920000E1 +0      E2 +0      E3 +0      SE1 +0      SE2
+0      SE3 +0      DP -1.00000FE1 +0      FE2 +0      FE3
+0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
+0      IMP +0      DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
+0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
+0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
+0      POL +0      SAB ≤ +0

2) +0      E1 +.858000E2 +0      E3 +0      SE1 +0      SE2
+0      SE3 +0      DP +0      FE1 -1.00000FE2 +0      FE3
+0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
+0      IMP +0      DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
+0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
+0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
+0      POL +0      SAB ≤ +0

```

Please press the SPACE BAR to continue.

```

3)  +0      E1  +0      E2  +.796000E3  +0      SE1 +0      SE2
    +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 -1.00000FE3
    +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
    +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
    +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
    +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
    +0      POL +0      SAB ≤ +0

4)  +0      E1  +0      E2  +0      E3  +1.43300SE1 +0      SE2
    +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
    -1.00000FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
    +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
    +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
    +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
    +0      POL +0      SAB ≤ +0

5)  +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +1.06000SE2
    +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
    +0      FSE1-1.00000FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
    +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
    +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
    +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
    +0      POL +0      SAB ≤ +0

6)  +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2

```

Please press the SPACE BAR to continue.

```

6) +1.20700SE3 +0      DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
   +0      FSE1+0      FSE2-1.00000FSE3+0      FDP +0      PN
   +0      IMP +0      DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
   +0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
   +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
   +0      POL +0      SAB ≤ +0

7) +0      E1 +0      E2 +0      E3 +0      SE1 +0      SE2
   +0      SE3 +.793000DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
   +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3-1.00000FDP +0      PN
   +0      IMP +0      DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
   +0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
   +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
   +0      POL +0      SAB ≤ +0

8) -1.00000E1 -1.00000E2 -1.00000E3 -1.00000SE1 -1.00000SE2
   -1.00000SE3 -1.00000DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
   +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +1.00000PN
   +0      IMP +0      DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
   +0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
   +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
   +0      POL +0      SAB ≤ +0

9) +1.00000E1 +1.00000E2 +1.00000E3 +0      SE1 +0      SE2
   +0      SE3 +0      DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3

```

Please press the SPACE BAR to continue.

```

9)  +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
    +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
    +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
    +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
    +0      POL +0      SAB ≤ +1825.00

10) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +1.00000SE1 +1.00000SE2
    +1.00000SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
    +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
    +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
    +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
    +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
    +0      POL +0      SAB ≤ +3285.00

11) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
    +0      SE3 +1.00000DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
    +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
    +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
    +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
    +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
    +0      POL +0      SAB ≤ +2190.00

12) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
    +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
    +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN

```

Please press the SPACE BAR to continue.

```

12) +0      IMP +1.00000DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
      +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +10500.0

13) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +0      IMP -1.00000DT +1.00000LFC +1.00000LIN +0      BRO
      +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +0

14) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +0      IMP +0      DT  -1.00000LFC +0      LIN +1.00000BRO
+1.00000PC +1.00000PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +0

15) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +0      IMP +0      DT  +0      LFC -1.00000LIN +0      BRO

```

Please press the SPACE BAR to continue.

```

(15) +0      PC  +0      PRS +1.000000YOG +1.000000QUE +1.000000MAN
      +1.000000HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +0
(16) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +0      IMP +0      DT  +0      LFC +0      LIN +0      BRO
      -1.000000PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +1.000000PAS +1.000000LUS +1.000000LUD +1.000000EVA
      +1.000000POL +1.000000SAB ≤ +0
(17) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +0      IMP +0      DT  +1.000000LFC -3.030000LIN +0      BRO
      +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB = +0
(18) +0      E1  +0      E2  +0      E3  +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +0      IMP +0      DT  -.350000LFC +0      LIN +1.000000BRO
      +0      PC  +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN

```

Please press the SPACE BAR to continue.

18)	+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
	+0	POL +0	SAB ≤ +0			
19)	+0	E1 +0	E2 +0	E3 +0	SE1 +0	SE2
	+0	SE3 +0	DP +0	FE1 +0	FE2 +0	FE3
	+0	FSE1+0	FSE2+0	FSE3+0	FDP +0	PN
	+0	IMP +0	DT -.510000	LFC +0	LIN +0	BRO
	+1.000000	PC +0	PRS +0	YOG +0	QUE +0	MAN
	+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
	+0	POL +0	SAB ≤ +0			
20)	+0	E1 +0	E2 +0	E3 +0	SE1 +0	SE2
	+0	SE3 +0	DP +0	FE1 +0	FE2 +0	FE3
	+0	FSE1+0	FSE2+0	FSE3+0	FDP +0	PN
	+0	IMP +0	DT -.140000	LFC +0	LIN +0	BRO
	+0	PC +1.000000	PRS +0	YOG +0	QUE +0	MAN
	+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
	+0	POL +0	SAB ≤ +0			
21)	+0	E1 +0	E2 +0	E3 +0	SE1 +0	SE2
	+0	SE3 +0	DP +0	FE1 +0	FE2 +0	FE3
	+0	FSE1+0	FSE2+0	FSE3+0	FDP +0	PN
	+0	IMP +0	DT +0	LFC -.070000	LIN +0	BRO
	+0	PC +0	PRS +1.000000	YOG +0	QUE +0	MAN
	+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA

Please press the SPACE BAR to continue.

21)	+0	POL +0	SAB ≤ +0			
22)	+0	E1 +0	E2 +0	E3 +0	SE1 +0	SE2
	+0	SE3 +0	DP +0	FE1 +0	FE2 +0	FE3
	+0	FSE1+0	FSE2+0	FSE3+0	FDP +0	PN
	+0	IMP +0	DT +0	LFC -.810000	LIN +0	BRO
	+0	PC +0	PRS +0	YOG +1.000000	QUE +0	MAN
	+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
	+0	POL +0	SAB ≤ +0			
23)	+0	E1 +0	E2 +0	E3 +0	SE1 +0	SE2
	+0	SE3 +0	DP +0	FE1 +0	FE2 +0	FE3
	+0	FSE1+0	FSE2+0	FSE3+0	FDP +0	PN
	+0	IMP +0	DT +0	LFC -.115000	LIN +0	BRO
	+0	PC +0	PRS +0	YOG +0	QUE +1.000000	MAN
	+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
	+0	POL +0	SAB ≤ +0			
24)	+0	E1 +0	E2 +0	E3 +0	SE1 +0	SE2
	+0	SE3 +0	DP +0	FE1 +0	FE2 +0	FE3
	+0	FSE1+0	FSE2+0	FSE3+0	FDP +0	PN
	+0	IMP +0	DT +0	LFC -.050000	LIN +0	BRO
	+0	PC +0	PRS +0	YOG +0	QUE +0	MAN
	+1.000000	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
	+0	POL +0	SAB ≤ +0			

Please press the SPACE BAR to continue.

(25)	+0	E1	+0	E2	+0	E3	+0	SE1	+0	SE2
	+0	SE3	+0	DP	+0	FE1	+0	FE2	+0	FE3
	+0	FSE1	+0	FSE2	+0	FSE3	+0	FDP	+0	PN
	+0	IMP	+0	DT	+0	LFC	+0	LIN	+0	BRO
	-.465000	PC	+0	PRS	+0	YOG	+0	QUE	+0	MAN
	+0	HEL	+1.000000	PAS	+0	LUS	+0	LUD	+0	EVA
	+0	POL	+0	SAB	≤ +0					
(26)	+0	E1	+0	E2	+0	E3	+0	SE1	+0	SE2
	+0	SE3	+0	DP	+0	FE1	+0	FE2	+0	FE3
	+0	FSE1	+0	FSE2	+0	FSE3	+0	FDP	+0	PN
	+0	IMP	+0	DT	+0	LFC	+0	LIN	+0	BRO
	-.230000	PC	+0	PRS	+0	YOG	+0	QUE	+0	MAN
	+0	HEL	+0	PAS	+1.000000	LUS	+0	LUD	+0	EVA
	+0	POL	+0	SAB	≤ +0					
(27)	+0	E1	+0	E2	+0	E3	+0	SE1	+0	SE2
	+0	SE3	+0	DP	+0	FE1	+0	FE2	+0	FE3
	+0	FSE1	+0	FSE2	+0	FSE3	+0	FDP	+0	PN
	+0	IMP	+0	DT	+0	LFC	+0	LIN	+0	BRO
	-.080000	PC	+0	PRS	+0	YOG	+0	QUE	+0	MAN
	+0	HEL	+0	PAS	+0	LUS	+1.000000	LUD	+0	EVA
	+0	POL	+0	SAB	≤ +0					
(28)	+0	E1	+0	E2	+0	E3	+0	SE1	+0	SE2

Please press the SPACE BAR to continue.

```

28) +0      SE3 +0      DP  +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
    +0      FSE1+0     FSE2+0     FSE3+0     FDP  +0      PN
    +0      IMP  +0     DT   +0     LFC  +0     LIN  +0     BRO
    -.050000PC +0     PRS  +0     YOG  +0     QUE  +0     MAN
    +0      HEL  +0     PAS  +0     LUS  +0     LUD  +1.00000EVA
    +0      POL  +0     SAB ≤ +0
29) +0      E1  +0     E2  +0     E3  +0     SE1 +0     SE2
    +0      SE3 +0     DP  +0     FE1 +0     FE2 +0     FE3
    +0      FSE1+0     FSE2+0     FSE3+0     FDP  +0     PN
    +0      IMP  +0     DT   +0     LFC  +0     LIN  +0     BRO
    -.150000PC +0     PRS  +0     YOG  +0     QUE  +0     MAN
    +0      HEL  +0     PAS  +0     LUS  +0     LUD  +0     EVA
    +1.000000POL +0     SAB ≤ +0
30) +0      E1  +0     E2  +0     E3  +0     SE1 +0     SE2
    +0      SE3 +0     DP  +0     FE1 +0     FE2 +0     FE3
    +0      FSE1+0     FSE2+0     FSE3+0     FDP  +0     PN
    +0      IMP  +0     DT   +0     LFC  +0     LIN  +0     BRO
    -.025000PC +0     PRS  +0     YOG  +0     QUE  +0     MAN
    +0      HEL  +0     PAS  +0     LUS  +0     LUD  +0     EVA
    +0      POL +1.00000SAB ≤ +0
31) +0      E1  +0     E2  +0     E3  +0     SE1 +0     SE2
    +0      SE3 +0     DP  +0     FE1 +0     FE2 +0     FE3

```

Please press the SPACE BAR to continue.

```

(31) +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +1.00000PN
      +0      IMP -.690000DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
      +0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +0
(32) +0      E1 +0      E2 +0      E3 +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN
      +1.00000IMP -.310000DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
      +0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +0
(33) +0      E1 +0      E2 +0      E3 +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP -1.00000PN
      -1.00000IMP +1.00000DT +0      LFC +0      LIN +0      BRO
      +0      PC +0      PRS +0      YOG +0      QUE +0      MAN
      +0      HEL +0      PAS +0      LUS +0      LUD +0      EVA
      +0      POL +0      SAB ≤ +0
(34) +0      E1 +0      E2 +0      E3 +0      SE1 +0      SE2
      +0      SE3 +0      DP +0      FE1 +0      FE2 +0      FE3
      +0      FSE1+0      FSE2+0      FSE3+0      FDP +0      PN

```

Please press the SPACE BAR to continue.

Input Data of The Problem DOS

Page: 12

) +1.000000	IMP +0	DT +0	LFC +0	LIN +0	BRO
+0	PC +0	PRS +0	YOG +0	QUE +0	MAN
+0	HEL +0	PAS +0	LUS +0	LUD +0	EVA
+0	POL +0	SAB ≤ +3200.00			

Please press the SPACE BAR to continue.

Variable No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variable No. Names	Solution	Opportunity Cost
1 E1	0	+.03962401	16 IMP	+3200.0000	0
2 E2	0	0	17 DT	+10322.581	0
3 E3	+1825.0000	0	18 LFC	+7761.1465	0
4 SE1	0	+.26594004	19 LIN	+2561.4346	0
5 SE2	+3107.5808	0	20 BRO	+2716.4011	0
6 SE3	0	+.03994008	21 PC	+3958.1846	0
7 DP	+2190.0000	0	22 PRS	+1086.5606	0
8 FE1	0	+.12500000	23 YOG	+179.30042	0
9 FE2	0	+.06792072	24 QUE	+2074.7622	0
10 FE3	+1452.7000	0	25 MAN	+294.56497	0
11 FSE1	0	+.12100000	26 HEL	+12.806859	0
12 FSE2	+3294.0356	0	27 PAS	+1840.5558	0
13 FSE3	0	+.10800000	28 LUS	+910.38245	0
14 FDP	+1736.6699	0	29 LUD	+316.65475	0
15 PN	+7122.5811	0	30 EVA	+197.90923	0

Maximized OBJ. = 48720.6 Iteration = 28 Elapsed CPU second = 5.439453

Press any key to continue.

Variable No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variable No. Names	Solution	Opportunity Cost
31 POL	+593.72772	0	46 S14	+.00011565	0
32 SAB	+98.954582	0	47 S15	0	+1.0000000
33 S1	0	0	48 S16	0	+1.0000000
34 S2	0	+.02607928	49 A17	0	+.12655087
35 S3	0	+.10600000	50 S18	0	+1.0000000
36 S4	0	0	51 S19	0	+2.0000000
37 S5	0	+.10100000	52 S20	0	+1.0000000
38 S6	0	0	53 S21	0	0
39 S7	0	+.15700001	54 S22	0	0
40 S8	0	+1.1670599	55 S23	0	0
41 S9	0	+.28668395	56 S24	+115.26486	0
42 S10	+177.41904	0	57 S25	0	0
43 S11	0	+.24955896	58 S26	0	0
44 S12	+177.41982	0	59 S27	0	0
45 S13	0	+2.3834491	60 S28	0	0

Maximized OBJ. = 48720.6 Iteration = 28 Elapsed CPU second = 5.439453

Press any key to continue.

Final Solution for DOS				Page : 3	
Variable No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variable No. Names	Solution	Opportunity Cost
61 S29	0	0	64 S32	0	0
62 S30	+.00003539	0	65 S33	0	+13.590897
63 S31	0	+13.923837	66 S34	0	+14.890897
Maximized OBJ. = 48720.6 Iteration = 28 Elapsed CPU second = 5.439453					

Press any key to continue.

Sensitivity Analysis for Objective Coefficients

Page : 1

Variable	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	Variable	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
E1	-Infinity	-.920000	-.880376	DT	-2.61318	+1.60000	+Infinity
E2	-.880376	-.858000	-.799724	LFC	-2.17007	+1.00000	+Infinity
E3	-.835624	-.796000	-.773624	LIN	-8.60530	+1.00000	+Infinity
SE1	-Infinity	-1.43300	-1.16706	BRO	0	+1.00000	+Infinity
SE2	-1.09994	-1.06000	-.810441	PC	-1.00000	+1.00000	+Infinity
SE3	-Infinity	-1.20700	-1.16706	PRS	0	+1.00000	+Infinity
DP	-1.04256	-.793000	+Infinity	YOG	+1.00000	+1.00000	+Infinity
FE1	-Infinity	-.125000	0	QUE	+1.00000	+1.00000	+Infinity
FE2	-Infinity	-.094000	-.026079	MAN	+1.00000	+1.00000	+Infinity
FE3	-.155779	-.106000	-.077889	HEL	0	+1.00000	+1.00000
FSE1	-Infinity	-.121000	0	PAS	+1.00000	+1.00000	+Infinity
FSE2	-.138679	-.101000	0	LUS	+1.00000	+1.00000	+Infinity
FSE3	-Infinity	-.108000	+347E-20	LUD	+1.00000	+1.00000	+Infinity
FDP	-.471702	-.157000	0	EVA	+1.00000	+1.00000	+Infinity
PN	-2.81639	+1.50000	+Infinity	POL	+1.00000	+1.00000	+Infinity
IMP	-13.5909	+1.30000	+Infinity	SAB	0	+1.00000	+1.00000

Press any key to continue.

Sensitivity Analysis for RHS

Page : 1

Constrnt	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	Constrnt	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
1	0	0	+Infinity	18	-2716.40	0	+.000116
2	0	0	+1565.85	19	-3958.18	0	+.000116
3	-Infinity	0	+1452.70	20	-1086.56	0	+.000116
4	0	0	+Infinity	21	-115.265	0	+12.8069
5	-Infinity	0	+3294.04	22	-115.265	0	+12.8069
6	0	0	+Infinity	23	-115.265	0	+12.8069
7	-Infinity	0	+1736.67	24	-115.265	0	+Infinity
8	-177.419	0	+3107.58	25	-.000035	0	+98.9546
9	+1647.58	+1825.00	+4932.58	26	-.000035	0	+98.9546
10	+3107.58	+3285.00	+Infinity	27	-.000035	0	+98.9546
11	+2012.58	+2190.00	+5297.58	28	-.000035	0	+98.9546
12	+10322.6	+10500.0	+Infinity	29	-.000035	0	+98.9546
13	-10322.6	0	+Infinity	30	-.000035	0	+Infinity
14	-.000116	0	+Infinity	31	0	0	+54.9999
15	-12.8069	0	+115.265	32	0	0	+Infinity
16	-98.9546	0	+.000035	33	0	0	+55.0001
17	-31277.4	0	+10322.6	34	+1803.84	+3200.00	+3255.00

Press any key to continue.

