

ENSEÑAR LA EXPLOTACION DE
LA TIERRA, NO LA DEL HOMBRE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

"RED DE VALOR DE LA LECHE"



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMIA DEL
DESARROLLO RURAL

PRESENTA:

ARTURO ROJAS ACOSTA

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO; FEBRERO DEL 2001



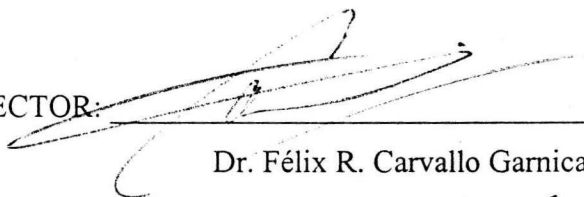
B.b.

RED DE VALOR DE LA LECHE

Tesis realizada por **Arturo Rojas Acosta** bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

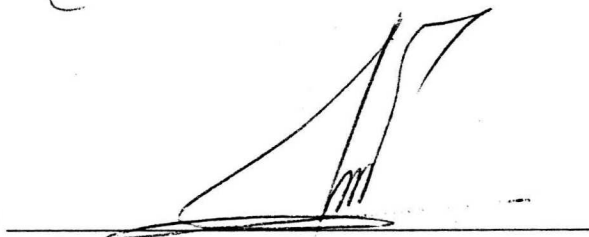
MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA DEL DESARROLLO RURAL

DIRECTOR:



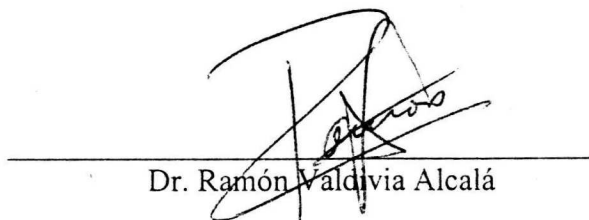
Dr. Félix R. Carvallo Garnica

ASESOR:



Dr. Marcos Portillo Vázquez

ASESOR:

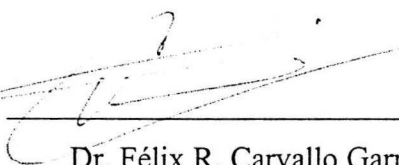


Dr. Ramón Valdivia Alcalá

RED DE VALOR DE LA LECHE

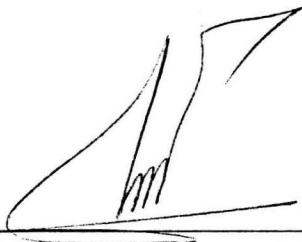
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Arturo Rojas Acosta** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



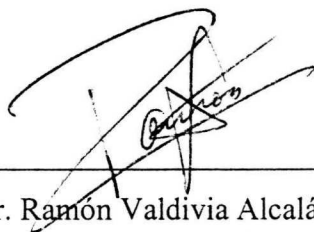
Dr. Félix R. Carvalho Garnica

ASESOR:



Dr. Marcos Portillo Vázquez

ASESOR:



Dr. Ramón Valdivia Alcalá

DEDICATORIA

A mi pequeño Oswaldo Miguel que con su entrañable ternura me motivó a dar un paso mas en mi vida como persona y como profesionalista.

A Ofelia que ha sido un apoyo en los momentos más difíciles y alegres de mi vida.

A mi papá señor Miguel Rojas Zamudio (en su memoria) que fue un claro ejemplo a seguir.

A mi mamá señora María Acosta Aguilera porque sus oraciones siempre están conmigo.

A mis hermanos (as): Estela, Carmen, José, Micaela, Miguel, Martín, María, Martha y Jesús, a quienes siempre llevo en mi mente y en mi corazón.

A todos mis sobrinos (as) a quienes admiro y aprecio

A mis compañeros y amigos porque la distancia no represente una barrera y el paso del tiempo fortalezca aún mas nuestra amistad

SINCERAMENTE:

ARTURO

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar cabalmente mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, a la Coordinación General de Postgrado y a la División de Ciencias Económico-Administrativas, por el apoyo brindado en mi estancia.

Al DR. Félix R. Carvallo Garnica por guiar con gran excelencia y dinamismo esta investigación.

A los miembros que formaron el Comité Asesor, por las sugerencias y revisión de la presente investigación.

Al Ing. Carlos Javier Castro López por el apoyo incondicional brindado.

A todos y cada uno de los profesores que han dado parte de su tiempo para mi formación profesional.

A las diferentes instituciones públicas y privadas que apoyaron para la terminación del presente trabajo.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació en Uriangato, Guanajuato el 12 de abril de 1967.

Cursó sus estudios en la escuela primaria “Miguel Hidalgo y Costilla”, de secundaria en la escuela secundaria “José María Morelos y Pavón” y de bachillerato en el “Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios número 217” en el mismo municipio. Realizó estudios de licenciatura en Economía Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo y de maestría en Economía del Desarrollo Rural en la misma institución.

El autor a impartido diversos cursos y capacitación tanto en la iniciativa privada como en la pública, a la vez que ha participado en diversos seminarios y conferencias.

A partir de 1997 a 1998 se ha desempeñado como profesionista en el campo del sector agropecuario.

Los principales campos de conocimiento de interés en el área son Estadística, Econometría, Microeconomía, Macroeconomía, Evaluación de Proyectos, Matemáticas y Programación Matemática.

NETWORK OF VALUE OF THE MILK

ABSTRAC

Arturo Rojas Acosta

(Under the direction of Dr. Félix R. Carvallo Garnica)

Mexican subsector dairy is in constant change; in last years the deregulation of prices has been translated in a great impulse to improve conditions of productivity of the same; nevertheless, since the consuption sector also is experiencing very importants and fast changes, a phase angle between the necessities of the consumer and the productive structure exists. A model of decision making was processed that simulates the behavior of the value network milk under the optics of planning at national level.

The work was made applying the technique of linear programming with the participation of the most representative states of the country as far as milk production. Objective function was formulated with forty two activities and sixty one restrictions, the maximum entrance that generates the combination of activities is \$2,064,602,000.

Thus the structure of the model and the interpretation of their components serve as base to explain agricultural strategy politics.

Key-words: Linear programming, milk, optimization.

RED DE VALOR DE LA LECHE

Arturo Rojas Acosta¹
Félix R. Carvallo Garnica²

RESUMEN

El subsector lechero mexicano se encuentra en constante cambio, en los últimos años la desregulación de precios se ha traducido en un gran impulso para mejorar las condiciones de productividad del mismo; sin embargo, dado que el sector de consumo también está experimentando cambios muy importantes y rápidos, existe un desfase entre las necesidades del consumidor y la estructura productiva.

Se elaboró un modelo de toma de decisiones que simule el comportamiento de la red de valor leche bajo la óptica de planeación a nivel nacional.

El trabajo se realizó aplicando la técnica de programación lineal con la participación de los estados más representativos del país en cuanto a producción de leche.

La función objetivo se formuló con cuarenta y dos actividades y sesenta y una restricciones, el ingreso máximo que genera la combinación de actividades es de \$2,064,602,000.

Por lo cual la estructura del modelo y la interpretación de sus componentes sirven de base para explicar estrategias de política agrícola.

Palabras claves: Programación lineal, leche, optimización.

¹Resumen de la tesis del primer autor para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

²Profesor de la División de Ciencias Económico-Administrativas. UACH, México.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Hipótesis	7
II. LA ACTIVIDAD LECHERA	8
2.1. La importancia de la actividad lechera	8
2.2. Aportaciones de un litro de leche a la dieta diaria	10
2.3. Factores determinantes de la calidad de la leche	10
2.4. Adulteración de la leche	11
2.5. La leche como proteína de fácil acceso para México	12
III. PANORAMA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE	13
4.1. Contexto internacional	13
3.1.1. Producción mundial de leche de bovino	13
3.1.2. Producción mundial de leche descremada en polvo	14
3.1.3. Producción mundial de leche entera en polvo	15
3.1.4. Flujos comerciales: importaciones y exportaciones	16
3.1.5. El consumo internacional de leche	20
3.1.6. El comercio exterior de la leche	20
3.1.7. Las políticas mundiales de producción y comercialización de leche.....	21
3.2. Panorama nacional de la leche	23
3.2.1. Características de la producción de leche	24
3.2.2. Estacionalidad de la producción de leche.....	25

3.3. Sistemas de producción de leche en México	26
3.3.1. El sistema de producción especializado o estabulado	26
3.3.2. El sistema de producción semi-especializado o lechería familiar	27
3.3.3. El sistema de doble propósito o lechería tropical	28
3.4. Regiones ecológicas ganaderas	28
3.5. Destino de la producción nacional de leche	31
3.6. Canales de distribución de la leche en México	31
3.7. Programa de abasto social de leche	32
3.8. Principales empresas en el mercado de la leche líquida	33
3.9. El consumo de leche en México	34
3.10. La oferta de leche en México	37
 IV. SECTOR INDUSTRIAL DE LA LECHE	 39
4.1. La agroindustria de lácteos	39
4.2. Cadena productiva	40
4.3. Panorama general del mercado y la industria	42
4.4. Los límites derivados del comportamiento de los mercados	44
4.5. Visión de la problemática de la ganadería lechera	47
 V. PROGRAMACIÓN LINEAL	 48
5.1. Modelo	48
5.2. Estructura general de la programación lineal	49
5.3. Terminología de los modelos de programación lineal.....	51
5.4. Aplicaciones y usos	52
5.5. Limitaciones de la programación lineal	52
5.6. Importancia de la programación lineal.....	52
5.7. Formulación del modelo	54

5.8. Supuestos del modelo de programación lineal	56
5.9. Solución de un problema de programación lineal.....	57
5.9.1. Solución factible	57
5.9.2. Solución óptima	57
5.10. Métodos de solución	57
5.10.1. El método gráfico.....	58
5.10.2. El método simplex	58
5.10.2.1. Ventajas del método simplex	60
5.10.2. Método de computo electrónico.....	60
5.10.3. Que es el QSB para Windows	60
 VI. METODOLOGÍA	 62
6.1. Definición de las actividades del modelo	64
6.2. Definición de las restricciones	66
6.3. Función objetivo del modelo	70
 VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	 76
7.1. Valor de la función objetivo	76
7.2. Valor de las actividades	76
7.3. Análisis de los precios sombra	83
7.3.1. Precios sombra de las actividades	83
7.3.2. Precios sombra de los recursos	83
7.3.3. Holgura de los recursos.....	84
7.3.4. Análisis de sensibilidad	84
7.3.4.1. Análisis de sensibilidad de las actividades	84

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
8.1. Conclusiones	86
8.2. Recomendaciones	87
Bibliografia	
Anexos	
Anexo 1. Como trabajar en QSB para Windows	
Anexo 2. Ecuaciones de las restricciones del modelo	
Anexo 3. Salida de resultados del modelo	

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición de la leche de vaca (g/100 ml)	8
Cuadro 2. Principales países productores de leche de bovino, 1998 (miles de toneladas)	14
Cuadro 3. Principales países productores de leche descremada en polvo en 1998 (miles de toneladas)	15
Cuadro 4. Principales productores a nivel mundial de leche entera en polvo, 1998 (miles de toneladas)	16
Cuadro 5. Principales importadores y exportadores de leche fluida 1998 (miles de toneladas)	17
Cuadro 6. Principales países importadores y exportadores de leche entera en polvo 1998 (miles de toneladas)	18
Cuadro 7. Principales importadores y exportadores de leche descremada en polvo 1998 (miles de toneladas)	19
Cuadro 8. Principales estados productores en 1998 (miles de litros)	25
Cuadro 9. Leche de bovino, producción por entidad federativa 1995-2000 (miles de litros)	30
Cuadro 10. Destino de la producción nacional de leche	31
Cuadro 11. Canales de distribución de la leche	32
Cuadro 12. Programa de abasto social	33
Cuadro 13. Principales empresas en el mercado de la leche	34
Cuadro 14. Consumo nacional aparente (miles de litros)	36
Cuadro 15. Estructura y producción lechera en las cuencas más importantes del país 1998 y 1999	38
Cuadro 16. Módulos del QSB para Windows	61
Cuadro 17. Costos de producción y procesamiento de leche (\$/lt)	71

Cuadro 18.	Precio de venta y costos de transporte de leche (\$/lt)	72
Cuadro 19.	Precio de venta según origen - destino y costos de procesamiento de derivados de leche (\$/lt)	72
Cuadro 20.	Precio de venta de derivados de leche (\$/lt)	73
Cuadro 21.	Consumo estimado de las necesidades de leche por estado	73
Cuadro 22.	Volumen de leche enviado a México	74
Cuadro 23.	Superficie ganadera (has)	74
Cuadro 24.	Mano de obra para producir y procesar leche	75
Cuadro 25.	Relación leche líquida-derivados	75
Cuadro 26.	Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Jalisco (litros)	77
Cuadro 27.	Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Durango (litros)	78
Cuadro 28.	Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Coahuila (litros)	79
Cuadro 29.	Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Chihuahua (litros)	80
Cuadro 30.	Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Guanajuato (litros)	81
Cuadro 31.	Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Veracruz (litros)	82

SIGLAS

ANGLAC	Asociación nacional de ganaderos lecheros
ASERCA	Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria
CANILEC	Cámara nacional de la industria lechera
CEA	Centro de estadística agropecuaria
CNA	Consejo nacional agropecuario
CONASUPO	Comisión nacional de subsistencias populares
E.U.A	Estados Unidos Americanos
FAO	Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación
FIRA	Fideicomiso instituido en relación con la agricultura
GATT	Acuerdo general sobre aranceles aduaneros y comercio
INEGI	Instituto nacional de estadística geografía e informática
LALA	Grupo industrial la Laguna
LICONSA	Leche industrializada conasupo
Lt.	Litros
PROCAMPO	Programa de apoyos directos al campo
QSB	Sistemas cuantitativo para negocios
SAGAR	Secretaría de agricultura ganadería y desarrollo rural
SECOFI	Secretaría de comercio y fomento industrial
SEDESOL	Secretaría de desarrollo social
TLCAN	Tratado de libre comercio con América del norte
U.E	Unión europea
UTH	Leche ultrapasteurizada

I. INTRODUCCIÓN

La actividad lechera en México tiene un rol muy importante dentro de la estructura económica, política y social; este subsector no tan solo ha ofrecido un producto rico en proteínas a amplias capas de la población, sino que por mucho tiempo ha servido para no encarecer el salario y favorecer la industrialización del país. Para el año de 1998, la actividad industrial derivada del procesamiento de leche ocupó 29,197 personas, lo cual revela que los esfuerzos de esta actividad arrojan frutos favorables en materia de empleo.

Para ese mismo año la SAGAR reportó una producción cercana a 8,300 millones de litros, los estados que presentaron la más alta producción en orden de importancia fueron Jalisco cuya aportación fue de 1,250 millones de litros de leche representando el 15.02%, Durango con 819 millones de litros participando con el 9.84%, Coahuila con 791 millones de litros cuyo aporte fue de 9.50%; Chihuahua con 698 millones de litros significando el 8.38%; Guanajuato con un volumen de 605 millones de litros con un 7.27% y Veracruz con una producción de 567 millones de litros con el 6.81%.

En conjunto, los seis estados suman un total de 4,730 millones de litros, representando el 57% de la producción nacional. Para 1999 se tuvo una producción de 8,826 millones de litros, lo que significa un crecimiento anual del 6.08% con respecto al año de 1999; así mismo se pronostica una producción de 9,200 millones de litros para el año 2000, lo que representaría un crecimiento anual del 4.2% con respecto a 1999.

Mas sin embargo, lo que se produce no es suficiente para abastecer el mercado nacional, por lo que México se ve obligado a depender fuertemente del exterior; más ahora con la apertura comercial y con la entrada en vigor del TLCAN han repuntado las

importaciones de suero de leche en polvo, quesos duros y frescos. No obstante, también se reconoce que hay otros que disminuyeron, entre ellos destaca el yogurt, grasa butírica, helados, queso de pasta blanda y leches fluidas; por lo cual uno de los mayores retos para la industria lechera mexicana es la competencia en el propio mercado con los productos importados,(El Financiero, 1999).

1.1. Planteamiento del problema

Hasta antes de la década de los noventa, la estrategia de abasto del lácteo se sustentó en el subsidio al consumo, con base en el control de precios y de importaciones de leche en polvo, dadas las condiciones de oferta internacional y de bajos precios de la leche en polvo importada, todo ello limitó el desarrollo del sector lechero nacional. Su costo fue el desincentivar la inversión y la producción por problemas de rentabilidad. El rígido control de precios de la leche al público y la transferencia de subsidios a la exportación de países proveedores de leche en polvo repercutió en la inversión del sector lechero. Esto se debió a que el precio recibido por sus productos estaba por debajo de los costos reales de producción.

En los últimos años, la desregulación de precios se ha traducido en un impulso importante para mejorar las condiciones de productividad del mismo.

De la Fuente et al. (1992), citado por García (1996), señala que México ha transitado erráticamente de políticas de importación de leche y desestimulo de la producción nacional por la imposición de precios tope, a políticas de sustitución de importaciones y fomento de la actividad lechera. Mientras que los programas oficiales enfocados a la autosuficiencia alimentaria estimulan el subsector lácteo, las políticas encaminadas a la liberalización del mercado interno y a la apertura comercial lo han desestimulado.

Sin embargo, dado que el sector de consumo también está experimentando cambios muy importantes y rápidos, es probable que exista un desfase entre las necesidades del consumidor y la estructura productiva para satisfacer estas necesidades. Esto sucede porque las relaciones entre los diversos sectores se están generando a niveles cada vez más complejos. Resulta importante conocer la articulación de los diversos componentes de la red de valor de la leche en particular la parte que se refiere a

las características de producción de la fase primaria. De la situación anterior se desprende la necesidad de llevar a cabo un modelo de programación lineal para conocer el panorama en que se mueve este subsector.

1.2. Justificación

La política gubernamental actual está orientada a estimular la autosuficiencia nacional de leche. Para el año 2000 el compromiso de los productores es el de sustituir el 70% de las importaciones y lograr la autosuficiencia para el año 2003.

FIRA (1996) señala que dentro de los cambios estructurales destaca la liberación del precio de la leche, lo cual ha repercutido en un incremento en el precio y, consecuentemente, en la rentabilidad de la actividad.

En cuanto al mercado nacional, existe un gran déficit de abasto de leche, por lo que este factor no ha sido una limitante para el crecimiento de esta actividad, sino más bien la rentabilidad de la actividad por el efecto del control de precios y las fuertes importaciones.

Así mismo, la situación actual de la cadena productiva leche, así como su entorno, representan oportunidades de inversión en diversas fases, con el fin de incrementar la producción nacional de leche y derivados lácteos. La competitividad de la actividad lechera en México debe estar basada en la calidad del producto, la integración de la producción primaria con la industrialización y el manejo integral y sostenible de los recursos de las empresas.

1.3. Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar en el presente estudio son:

Objetivo general

Elaborar un modelo de toma de decisiones que simule el comportamiento de la red de valor de la leche bajo la óptica de la planeación a nivel nacional.

Objetivos particulares

- 1) Establecer una metodología de análisis mediante la cual se pueda describir el movimiento de la leche en sus distintas facetas.
- 2) Determinar la asignación óptima de los recursos tierra y mano de obra que maximice la ganancia del productor.
- 3) Probar la capacidad de los modelos de optimización para funcionar como instrumentos de planeación.

1.4. Hipótesis

Las hipótesis que se plantean en la presente investigación son las siguientes:

- 1) La red de valor de la leche es rentable y es factible establecer una política de precios adecuada.
- 2) Existe una estrecha relación entre los distintos componentes de la red de valor, ya que al influir sobre alguno de éstos el sistema general se ve modificado.
- 3) Utilizando los resultados que proporciona el modelo es posible establecer políticas de planeación de mediano y largo plazo.

II. LA ACTIVIDAD LECHERA

2.1. La Importancia de la Actividad Lechera.

La SAGAR (1996) señala que la importancia del sector lechero radica en el hecho de que genera alrededor de 1.5 millones de empleos y contribuye con el 1.3% del Producto Interno Bruto del país; del valor de la producción ganadera nacional, la lechera aporta el 22.8%

La leche es uno de los alimentos más completos para el ser humano, dadas las características de sus nutrimentos, en donde destacan las proteínas que contienen gran cantidad de aminoácidos esenciales, ver cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de la leche de vaca
(g/100 ml)

Componente	Mínimo	Máximo
Agua	84	89
Sólidos	10.6	17.9
Lípidos	2.6	8.4
Proteínas	2.4	6.5
Lactosa	2.4	6.1
Cenizas	0.6	0.9

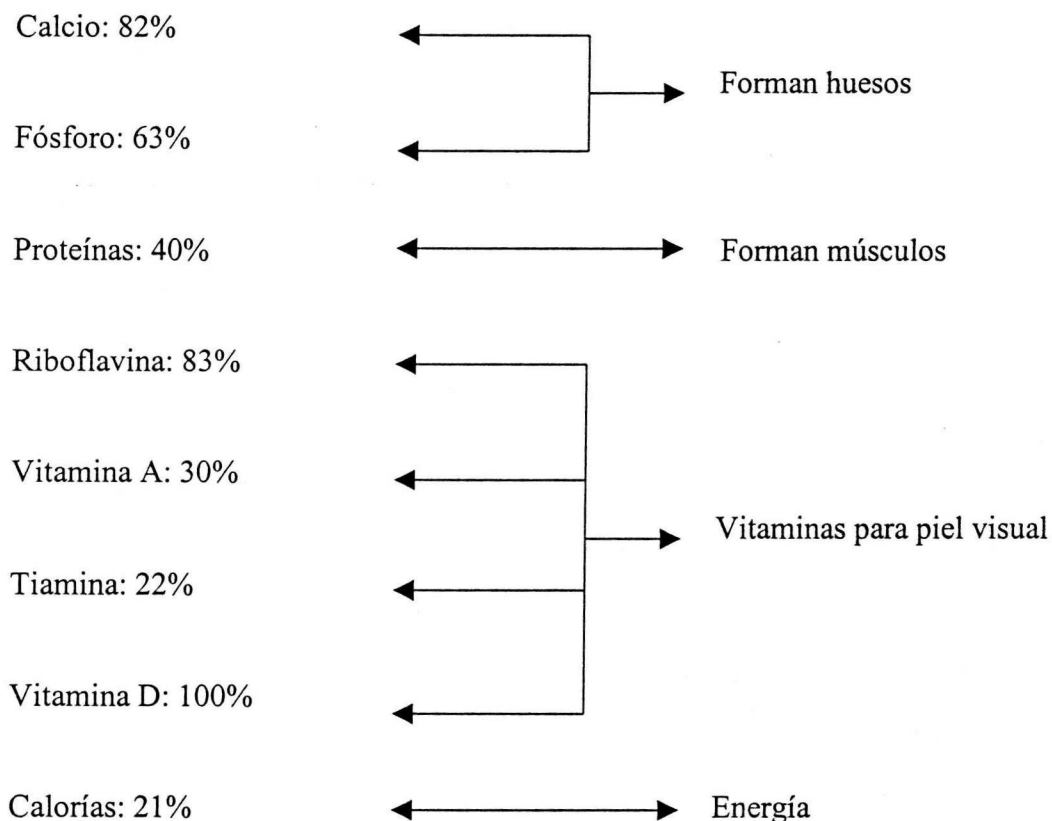
Fuente: El valor de la leche y sus derivados; su importancia en la dieta, 1998.

Lala (1999) señala que la leche es la secreción de las glándulas mamarias de las vacas sanas y bien alimentadas. Se excluye el producto obtenido 15 días antes del parto y 5 días después del mismo por el contenido de calostro.

La leche se compone principalmente de agua, sales minerales, lactosa, grasa y vitaminas. Las sales y la lactosa se encuentran disueltas en el agua formando una solución verdadera. La grasa es insoluble al agua y por esto se encuentra en forma de glóbulos grasos formando una emulsión; después de un cierto tiempo, se estratifica en forma de nata.

Las sustancias proteínicas de la leche se dividen en proteínas y enzimas, las cuales están compuestas de aminoácidos. Las proteínas son la caseína, la albúmina y la globulina. La caseína, materia prima para los quesos, se encuentra combinada con calcio y fosfato en forma coloidal. Si se acidifica la leche hasta un Ph. de 4.7, el calcio y el fosfato se separan de la caseína. Las enzimas son compuestos proteínicos que aceleran los procesos biológicos y su acción depende de la temperatura y del ph del medio.

2.2. Aportaciones de un litro de leche a la dieta diaria



El Consejo Nacional Agropecuario (1999) establece que adicionalmente se han encontrado más de 100 elementos nutritivos para el ser humano. En consecuencia, por su alto valor nutritivo, la leche es uno de los alimentos vitales para la alimentación humana y es uno de los productos esenciales para la población mexicana.

2.3. Factores determinantes de la calidad de la leche

Abasto al Campo (1999) en su estudio comenta que la leche tiene un sabor ligeramente dulce y un aroma delicado. El sabor dulce proviene de la lactosa, mientras que el aroma proviene de la grasa. También, ciertas clases de forrajes consumidos por las vacas

proporcionan cambios en el sabor y olor de la leche; por otro lado, la acción de microorganismos pueden tener efectos desagradables en olor y sabor.

La leche tiene un color ligeramente blanco amarillento debido a la grasa y a la caseína. Los glóbulos de la grasa y en menor grado la caseína, impiden que la luz pase a través de ella, por lo cual la leche parece blanca. El color amarillo de la leche se debe a la grasa, en el que se encuentra el caroteno, este es un colorante natural que la vaca absorbe con la alimentación de forrajes verdes.

La leche hierve a 100.16°C al nivel del mar a causa de las sales y la lactosa disueltas. Estas sustancias determinan también el punto de congelación de la leche, el cual se encuentra entre -0.53 y -0.55°C , debido a que el contenido de estas sustancias no varía mucho, el punto de congelación se aprovecha para el control de fraudes en la leche.

La leche constituye un magnífico sustrato para el desarrollo de microorganismos. Estos pueden proliferar rápidamente en ella y provocar transformaciones deseables o indispensables.

Las levaduras son microorganismos mas grandes que las bacterias y ayudan a la maduración de los quesos de pasta blanda, ya que favorecen el crecimiento de los mohos. Ciertas clases de mohos se aprovechan en la elaboración de quesos de vena azul como el roquefort.

2.4. Adulteración de la leche

El Consejo Nacional Agropecuario (1999) señala que debido a su composición y a su proceso de elaboración, la leche y sus derivados son muy susceptibles de ser adulterados, tornándose en alimentos de calidad deficiente. De acuerdo con las normas establecidas por la Secretaría de Salud, la leche es considerada adulterada cuando

contiene sustancias ajenas a su composición natural, como agua –la adulteración más frecuente en México-, cuerpos extraños, residuos de antibióticos, hormonas, sustancias tóxicas, azúcares y proteínas de origen vegetal.

También se clasifica como adulteración la sustracción del contenido graso de la leche, sin que se informe de ello al consumidor. Además el Código Sanitario del país señala que este producto debe estar exento de materias antisépticas, conservadores y neutralizantes, tales como bactericidas (cloro) y preservadores químicos o biológicos.

2.5. La leche como proteína de fácil acceso para México

Lala (1999) señala que por su alto valor nutritivo, la leche es uno de los alimentos esenciales para la alimentación humana, su creciente consumo en México y en el mundo se debe a que este producto es una de las fuentes de proteína económicamente más accesibles y por lo tanto de mayor demanda en la población de bajos recursos.

En un país en donde gran porcentaje de la población vive en la pobreza, es difícil imaginar que estos sectores tengan acceso a proteínas de origen animal derivadas de la carne de bovino.

La Comisión Nacional de Alimentación recomienda un consumo per-cápita diario de 2,100 kcal y de 60 g de proteínas, de las cuales cuando menos una tercera parte (20 g) debe ser de origen animal. Un litro de leche pasteurizada es capaz de proporcionar diariamente el 50% mínimo indispensable a un precio accesible.

El fuerte crecimiento demográfico y la cada vez mayor concentración de la población en núcleos urbanos, así como la predicción por un patrón de consumo basada en la proteína animal, hace que la leche como producto alimenticio cobre cada vez más importancia, sin embargo su producción nacional resulta insuficiente.

III. PANORAMA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE

3.1. Contexto internacional

La estructura del mercado internacional se caracteriza por el predominio de los países industrializados en la producción y exportación. Así la producción mundial se concentra en más de un 80% en los países desarrollados. Los principales productos lácteos que se comercializan en el mercado internacional son básicamente leche en polvo descremada, leche entera en polvo y mantequilla. De esta manera, a nivel internacional los países desarrollados tienden a disminuir su producción y por el lado contrario, los países en vías de desarrollo tienden a incrementar su producción para tratar de satisfacer su demanda interna de este producto.

3.1.1. Producción mundial de leche de bovino

En 1998 la producción mundial de leche de bovino ascendió a 384.9 millones de toneladas, de las que 73% fue generada por cinco entidades, entre las que destacan la Unión Europea, integrada por quince países (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido y Suecia), los Estados Unidos, India, Rusia y Brasil, ver cuadro 2.

**Cuadro 2. Principales países productores de leche de bovino, 1998
(miles de toneladas)**

Lugar	País	Producción	Participación
1	Unión Europea	120,478	31.30%
2	Estados Unidos	71,375	18.54%
3	India	35,500	9.22%
4	Rusia	34,000	8.83%
5	Brasil	21,630	5.62%
6	Ucrania	13,700	3.56%
7	Polonia	12,100	3.14%
8	Nueva Zelandia	11,640	3.02%
9	Australia	9,655	2.51%
10	Argentina	9,400	2.44%
11	México	8,567	2.23%
Subtotal		348,045	90.43%
Otros		36,847	9.57%
Total mundial		384,892	100%

Fuente: Economic Research Service, USDA, 1998

En ese año, México ocupó el onceavo lugar dentro de los principales países productores de leche, con una participación del 2.23%, volumen demasiado pequeño en comparación con la Unión Europea, Estados Unidos, India, Rusia y Brasil que son los países que sobresalen en cuanto a la producción de leche.

3.1.2. Producción mundial de leche descremada en polvo

La producción de leche descremada en polvo, en 1998, se ubicó en las 3,077 miles de toneladas. En cuanto a los países productores de este tipo de leche, la Unión Europea contribuye con el 35% de la producción mundial, seguida por Estados Unidos con una

participación del 16.57% a escala mundial, Australia con un 7.51%, Nueva Zelandia con el 6.99% y Japón con un 6.66%, por otro lado, México ocupaba el séptimo lugar a nivel mundial, ver cuadro 3.

Cuadro 3. Principales países productores de leche descremada en polvo en 1998 (miles de toneladas)

Lugar	País	Producción	Participación
1	Unión Europea	1,112	36.14%
2	Estados Unidos	510	16.57%
3	Australia	231	7.51%
4	Nueva Zelandia	215	6.99%
5	Japón	205	6.66%
6	Rusia	170	5.52%
7	México	130	4.22%
8	India	120	3.90%
Subtotal		2,693	87.52%
Otros		384	12.48%
Total mundial		3,077	100%

Fuente: Economic Research Service, USDA, 1998

3.1.3. Producción mundial de leche entera en polvo

A nivel mundial, la producción de leche en polvo juega un papel fundamental en la alimentación y en la obtención de divisas para los países productores. Para el año de 1998 se tuvo una producción a nivel de mundial de 2,788 miles de toneladas de leche entera en polvo; destacando la participación de la Unión Europea, Nueva Zelandia, China, Brasil y Argentina, entrando a este escenario Chile y Venezuela con volúmenes inferiores de participación, ver cuadro 4.

Cuadro 4. Principales productores a nivel mundial de leche entera en polvo 1998 (miles de toneladas)

Lugar	País	Producción	Participación
1	Unión Europea	1,072	38.45%
2	Nueva Zelandia	397	14.24%
3	China	369	13.24%
4	Brasil	240	8.61%
5	Argentina	203	7.28%
6	Australia	126	4.52%
7	Rusia	100	3.59%
8	Chile	72	2.58%
9	Estados Unidos	61	2.19%
10	Venezuela	48	1.72%
Subtotal		2,688	96.41%
Otros		100	3.59%
Total mundial		2,788	100%

Fuente: Economic Research Service, USDA, 1998

3.1.4. Flujos comerciales: importaciones y exportaciones

En el flujo de importaciones de leche fluida destacan para 1998 la Unión Europea (principalmente Italia, Holanda, Bélgica, Francia, España, Alemania, Irlanda, Reino Unido, Grecia y Portugal) que participó con 98% a nivel mundial. Los principales países exportadores de leche fluida fueron los de la Unión Europea, que representaron 97% del total para 1998 (Alemania, Francia, Bélgica, Austria, España, Reino Unido, Portugal e Irlanda) ver cuadro 5.

Cuadro 5. Principales importadores y exportadores de leche fluida 1998
(miles de toneladas)

Importadores			Exportadores		
País	Volumen	Participación	País	Volumen	Participación
Italia	2,000	36.13%	Alemania	2,060	45.67%
Holanda	900	16.26%	Francia	830	18.40%
Bélgica	592	10.70%	Bélgica	825	18.29%
Francia	570	10.30%	Austria	200	4.43%
España	380	6.87%	España	105	2.33%
Alemania	300	5.42%	Reino Unido	102	2.26%
Irlanda	175	3.16%	Portugal	100	2.22%
Reino Unido	155	2.80%	Irlanda	100	2.22%
Grecia	152	2.75%	Australia	80	1.77%
Portugal	140	2.53%	Argentina	25	0.55%
Subtotal	5,364	96.91%	Subtotal	4,427	98.14%
Otros	171	3.09%	Otros	84	1.86%
Total mundial	5,535	100%	Total mundial	4,511	100%
U.E	5,405	97.65%	U.E	4,354	96.52%

Fuente: Economic Research Service, PS & D Database, USDA, 1998

Las exportaciones e importaciones de leche entera en polvo han presentado un comportamiento cíclico a lo largo de ésta década.

Los cinco principales países importadores de leche entera en el mundo son Brasil, Argelia, Rusia y Bélgica; entre los principales países exportadores en 1998 fueron los de la Unión Europea (integrado por los países participantes, tales como Francia, Holanda, Bélgica, Dinamarca, Alemania, Reino Unido e Irlanda), destacando como países fuera de la Unión Europea, Nueva Zelandia, Australia y Argentina.

Cuadro 6. Principales países importadores y exportadores de leche entera en polvo 1998 (miles de toneladas)

Importadores			Exportadores		
País	Volumen	Participación	País	Volumen	Participación
Brasil	122	16.09%	Nva Zelandia	359	26%
Argelia	109	14.38%	Francia	235	17.02%
Holanda	82	10.82%	Holanda	172	12.45%
Rusia	80	10.55%	Australia	109	7.89%
Bélgica	56	7.39%	Bélgica	98	7.10%
China	44	5.80%	Dinamarca	91	6.59%
México	40	5.28%	Alemania	85	6.15%
Alemania	38	5.01%	Argentina	80	5.79%
Perú	35	4.62%	Reino Unido	75	5.43%
Italia	30	3.96%	Irlanda	37	2.68%
Subtotal	636	83.91%	Subtotal	1,341	97.10%
Otros	122	16.09%	Otros	40	2.90%
Total mundial	758	100%	Total mundial	1,381	100%
Unió Europea	235	31%	Unión Europea	798	57.78%

Fuente: Economic Research Service, PS & D Database, USDA, 1998

México como deficitario en la producción de leche fresca, importa de este alimento en polvo, el equivalente al 40% del consumo nacional; ocupando uno de los primeros lugares a nivel mundial en importaciones de lácteos. En 1998 se importaron entre 30 y 35% de la demanda nacional de leche, tales porcentajes se deben a que la producción de leche estaba muy vinculada al precio de venta que se autorizaba a los productores, por lo que durante años han sufrido pérdidas; incluso los industriales demandan leche importada para abaratar costos de producción con lo que aunado a ello, afectan a los productores de leche.

Entre los principales países importadores de leche descremada en polvo a nivel mundial destacan Holanda e Italia, seguidos por México con un volumen de 130 mil toneladas, Argelia, Alemania, Japón, Brasil y Bélgica; entre los principales países exportadores de leche descremada en polvo destacan Alemania, Australia, Nueva Zelandia, Estados Unidos y Francia.

Cuadro 7. Principales importadores y exportadores de leche descremada en polvo 1998 (miles de toneladas)

Importadores			Exportadores		
País	Volumen	Participación	País	Volumen	Participación
Holanda	233	24.12%	Alemania	290	19.58%
Italia	130	13.46%	Australia	197	13.30%
México	130	13.46%	Nva Zelandia	197	13.30%
Argelia	94	9.73%	E.E.U.U	145	9.79%
Alemania	70	7.25%	Francia	115	7.77%
Japón	60	6.21%	Polonia	90	6.08%
Brasil	47	4.87%	Irlanda	80	5.40%
Bélgica	41	4.24%	Holanda	79	5.33%
España	33	3.42%	Bélgica	64	4.32%
Francia	28	2.90%	Rusia	45	3.04%
Subtotal	866	89.65%	Subtotal	1,302	87.91%
Total mundial	100	10.35%	Otros	179	12.09%
U.E	966	100%	Total mundial	1,481	100%
	574	59.42%		746	50.37%

Fuente: Economic Research Service, PS & D Database, USDA, 1998

3.1.5. El Consumo internacional de leche

Lala (1999) señala que el consumo de leche fluida en el mundo mantiene un comportamiento diferenciado y se relaciona sobre todo con el nivel de desarrollo de los países productores, así se observa que del 100% del consumo mundial, el 35% lo consumen los Estados Unidos y la ex Unión Soviética, siendo esta última la primera consumidora de leche fluida, así como la primera productora de leche fluida y la primera productora de leche a nivel mundial.

FIRA (1998) señala que la estructura del consumo no ha sufrido fuerte variaciones, durante la década de los noventa la disponibilidad de leche por habitante en el mundo es de 226 ml/día, en la Comunidad Europea (CE) de 997 ml/día, en Nueva Zelanda de 6.9 mi/día, mientras que en Estados Unidos y Canadá es de 649 y 8,766 ml/día respectivamente.

Con excepción quizás de Oceanía, la totalidad de los países y regiones complementan su consumo con importaciones mínimas de leche en polvo, no siendo así el caso para México y Asia. Lo anterior indica que los países industrializados primero satisfacen su demanda interna, enviando sus excedentes (68%) a países no industrializados. Del total de la producción mundial solo el 5% es comercializado en el mercado internacional; de este porcentaje el mayor lo cubre la leche en polvo ya sea como leche entera o sin grasa.

3.1.6. El comercio exterior de la leche

Lala (1999) señala que México es uno de los principales importadores de leche en el mundo, lo cual se traduce como el país que destina a la compra de leche, la mayor cantidad de divisas.

El comportamiento de los principales productos lácteos en el mercado internacional presenta las siguientes características:

- a) En los últimos 6 años (1993-1998) la producción mundial de leche en polvo se ha incrementado, originando un superávit en Francia, Nueva Zelanda y Estados Unidos que en conjunto exportaron el 85% de la producción de leche en polvo que en 1998 fue de 5.7 millones de toneladas.
- b) Los precios internacionales de la leche en polvo mantuvieron durante 1995-97 una tendencia a la alza, sin embargo la crisis financiera de Asia provocó una disminución de las exportaciones y en consecuencia un ajuste a la baja de los precios a finales de 1998.
- c) Los principales importadores de leche en polvo descremada fueron Holanda, Italia, México, Argelia, Alemania y Japón .
- d) Con respecto a la leche en polvo entera, se apreció un fuerte crecimiento, destinando los principales exportadores dos tercios de su producción nacional al mercado internacional.

Los principales proveedores de leche en polvo para México en 1998 siguen siendo Estados Unidos, Alemania e Irlanda y Canadá.

En México la tendencia de importación empieza a disminuir, sobre todo a partir de 1995, en donde se vive un escenario de escasez de divisas y existe un gran interés por parte del estado para fomentar la ganadería lechera y disminuir las importaciones de este producto.

3.1.7. Las políticas mundiales de producción y comercialización de leche

García y Martínez (1997) señalan que las políticas lecheras fueron establecidas hace mucho tiempo en los países desarrollados y como resultado, en la actualidad cuentan con

excedentes de producción, sin embargo, los países subdesarrollados tienen un sistema productivo lechero bipolar: intensivo y extensivo, con muy pocas políticas de apoyo en términos de recursos técnicos, financieros y humanos. Las políticas lecheras que se instrumentan en los países desarrollados a partir de los años ochentas tienen una serie de variantes; en términos generales como elemento común a las políticas de los países desarrollados se encuentran las siguientes:

- 1) Inhibir la sobreoferta de productos lácteos.
- 2) Mantener precios razonables para el consumidor.
- 3) Mantener el ingreso rural en niveles paralelos al urbano-industrial.

Para poner en práctica dichos objetivos se cuentan con instrumentos como:

- a) Los que se relacionan con la producción de leche y que se pueden dividir en:
 - a.1) Medidas sobre los precios, afectando éstos de manera directa (precios objetivo o de apoyo) o indirecta (subsidios e impuestos).
 - a.2) Medidas sobre los insumos para la producción de leche (fertilizantes) o subsidios para la construcción de infraestructura.
 - a.3) Medidas sobre los productos, como el establecimiento de cuotas de producción, globales, regionales o individuales.
- b) Las que se relacionan con el comercio internacional.
- c) Las que se relacionan con el consumo de productos lácteos.

Muchos países se enfrentan al problema de la sobreproducción estableciendo cuotas de producción, básicamente en la leche pasteurizada, porque es un insumo para otros productos lácteos. En esos casos el gobierno garantiza un precio negociado por cierta cantidad de leche. Si se sobrepasa ésta hay varias maneras de manejar el exceso: aplicar una sobretasa o impuesto de corresponsabilidad o dejar que el precio baje en el libre

mercado. Hay otros mecanismos para detener el flujo de leche en el mercado y sostener los precios, tales como el de regular el tamaño de las granjas y brindar apoyos financieros a los proveedores para cambiar de actividad productiva.

3.2. Panorama nacional de la leche

El Consejo Nacional Agropecuario (1999) señala que a causa de las políticas de control de precios que aplicó el gobierno en el pasado, no se ha desarrollado la producción de leche de una manera eficiente y por esta razón en este momento se tiene un déficit de 4,500 millones de litros de leche, por lo cual México se ha convertido en el principal país importador de leche en polvo en el mundo.

Sin embargo, el gobierno finalmente abandonó esta práctica y en enero de 1998 liberó el precio de la leche obteniéndose para ese mismo año una producción récord de 8,300 millones de litros de leche. Si el precio de la leche no hubiera estado controlado tanto tiempo, es muy probable que México estuviera exportando este producto.

La producción de leche en el país ha ido en aumento desde 1996, quedando en 1998 en 8,300 millones de litros, según datos de SAGAR, siendo un incremento de 970 mil litros con respecto a 1995, debido a que los grandes industriales de leche han mejorado considerablemente sus hatos y a los incrementos en el número de cabezas que fueron de cien mil unidades superiores a 1997, quedando en 1998 en 6.6 millones de cabezas.

Cedillo, F(1999) señala que hoy en día se tiene el problema que los países altamente productores de leche como la Unión Europea (UE), Canadá, Nueva Zelanda y Australia, protegen a sus productores otorgándoles subsidios muy altos a sus exportaciones de leche en polvo, además de que tienen subsidios indirectos a través de tarifas eléctricas bajas o precios bajos de combustibles o tasas bajas en los créditos.

ANGLAC (1999) reporta que las importaciones de leche en polvo tradicionalmente las realizaba CONASUPO, con su desaparición, La Secretaría de Comercio acordó con productores e industriales ceder a LICONSA los cupones de importación de este producto, con el fin de que la dependencia cubra su programa de beneficio social. En el caso de la industria la secretaría de Agricultura y de Comercio formaron un grupo de trabajo, donde participan representantes de la industria de lácteos, productores, pasteurizadores e industriales, con el propósito de fijar un volumen anual de importaciones de leche.

Los cupones se otorgaran a la industria privada mediante el mecanismo de asignación directa a empresas que participaron regularmente en las licitaciones de leche por Conasupo, tomando como referencia las compras históricas que hicieron entre 1995 y 1997.

3.2.1. Características de la producción de leche

Si bien la producción de leche se desarrolla en todo el país, en 1998 tan sólo siete entidades federativas contribuyeron con 59% de la producción nacional, que fue de 8,316 millones de litros. Dentro de ella destacan los estados de Jalisco, Durango, Coahuila y Chihuahua, quienes ocupan los primeros cuatro lugares en producción, ver cuadro 8.

**Cuadro 8. Principales estados productores en 1998
(miles de litros)**

Lugar	Estados	Producción	Participación
1	Jalisco	1,253,730	15.08
2	Durango	818,776	9.85
3	Coahuila	790,130	9.50
4	Chihuahua	698,320	8.40
5	Guanajuato	605,364	7.28
6	Veracruz	566,187	6.81
7	México	427,085	5.14
8	Aguascalientes	389,940	4.69
9	Hidalgo	345,998	4.16
10	Puebla	308,139	3.71
	Subtotal	5,159,592	62.05
	Otros	3,156,119	37.95
	Total	8,315,711	100
	Comarca Lagunera	1,460,892	17.57

Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria. SAGAR, 1999

En conjunto Durango y Coahuila generaron una producción de leche en 1998 de 1,609 millones de litros, lo que representó el 20% de la producción nacional. Entre estas dos entidades se ubica la Región Lagunera, que es la más importante cuenca lechera del país, ocupando el primer lugar en producción a nivel nacional.

3.2.2. Estacionalidad de la producción de leche

Claridades Agropecuarias (2000) señala que el comportamiento cíclico de la producción de leche en cuanto a volumen se da en el mes de agosto. La estacionalidad de la

ganadería lechera es el resultado de las fluctuaciones en sus niveles de producción, en gran parte relacionadas con la disponibilidad de forrajes y con la época de lluvias. El conocer la estacionalidad es importante porque permite establecer las variaciones de la oferta por la producción nacional; así como la época en que se presentan los mayores volúmenes de producción y poder establecer estrategias para que toda esta producción sea captada por la industria. Así se evita que se depriman los precios pagados al productor. Otra problemática que se presenta es que el pico de producción coincide en algunas regiones con la época de lluvias, lo que aunado a limitaciones en vías de comunicación, dificulta su traslado a los centros de acopio o a las plantas industriales. En ese caso se procesa el producto localmente en derivados lácteos, principalmente quesos frescos, en pequeños talleres industriales y artesanales.

3.3. Sistemas de producción de leche en México

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico. Se distinguen por lo menos tres sistemas de producción: el especializado, el semi-especializado (lechería familiar) y el de doble propósito (lechería tropical) (Manrribio et al. (1995)).

3.3.1. El Sistema de producción especializado o estabulado

Este sistema se localiza en la zona norte y en el altiplano mexicano. El tipo de ganado que predomina es el Holstein, cuya alimentación se basa en el uso de alimentos balanceados y forrajes verdes o ensilados, lo cual permite producciones que oscilan entre 4 mil y 6 mil litros por lactancia. La ordeña es mecánico; el establo cuenta con equipo de enfriamiento, por lo cual existe un buen control sanitario y buena capacitación técnica.

Los productores de este sistema tienen acceso al crédito bancario o forman parte de uniones de crédito; cuentan con cooperativas de consumo, lo que les permite realizar compras al mayoreo de insumos a menores precios; presentan altos grados de integración hacia la fuente de abastecimiento de insumos (alimentos balanceados y forrajes) y hacia la comercialización, pues generalmente son accionistas de las grandes cooperativas lecheras de México. Con este sistema se produce el 55% de la demanda del país y aporta entre el 80 y 90% de la leche pasteurizada que se consume en las grandes ciudades del país.

3.3.2. El sistema de producción semi-especializado o lechería familiar

Este sistema se localiza principalmente en la región del altiplano. El tipo de ganado es resultado de una serie de cruces entre Holstein, Suizo y Criollo, predominando el primero. La alimentación se basa en el uso de alimentos balanceados, de esquilmos agrícolas mezclados con maíz molido y del pastoreo directo en pastos nativos. La producción de leche por lactancia es de 1,600 a 2,800 litros por vaca. La ordeña es manual, eventualmente mecánica; no cuenta con equipo de enfriamiento; existe un deficiente control sanitario y no cuenta con capacitación. Los productores de este sistema tienen un acceso muy limitado al crédito y a servicios en general. Sus canales de comercialización son básicamente venta a la compañía Nestlé, venta como leche cruda (bronca) directamente al consumidor o venta a productores artesanales de queso. Este sistema aporta entre el 50 y 60% de la leche bronca que se consume en México. Debido a sus altos costos de producción en alimentación y bajos precios de venta, este sistema ha logrado sobrevivir debido a la elevada utilización de mano de obra familiar.

3.3.3. El Sistema de doble propósito o lechería tropical

Este sistema se localiza en las regiones tropicales y subtropicales de México. El tipo de ganado predominante es resultado de una cruce del Suizo con el Cebú y el Criollo. La alimentación se basa en el pastoreo directo en gramas nativas o pastos cultivados y en la eventual utilización de complementos alimenticios como los subproductos agroindustriales. La producción de leche por lactancia es de 300 a 700 litros de leche por vaca. La ordeña es manual, no cuenta con equipo de enfriamiento, aunque la compañía Nestlé ha iniciado un proceso gradual de sustitución de su sistema tradicional de recolección por uno consistente en la instalación de pequeños tanques de enfriamiento localizados en las comunidades productoras; existe un deficiente control sanitario y no cuenta con capacitación. La característica de este sistema de producción es el hecho de que los productores obtienen dos productos a la vez: leche y carne (en forma de becerro destetado y vacas de desecho).

Los productores tienen acceso limitado al crédito y a los servicios en general. Sus canales de comercialización son tres: venta a los productores de quesos artesanales (51% del total); venta como leche bronca (28% del total) y venta a Nestlé (19% del total).

3.4. Regiones ecológicas ganaderas.

Claridades Agropecuarias (2000) señala que existen tres principales regiones ecológicas, la templada, la árida y semiárida y la del trópico (seco y húmedo).

La región templada comprende la mayor parte de los estados de Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; es la más importante en cuanto a producción de leche. En 1998 se generaron 3, 907 millones de litros y su participación en la producción nacional fue del 47%.

La región árida y semiárida se ubica en el norte del país, incluyendo a los estados de Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Sonora, Zacatecas y parte de San Luis Potosí y Tamaulipas. Es la segunda región en importancia; su participación en la producción nacional fue de 37% cuya aportación a la producción fue de 3,075 millones de litros.

Por último, la región tropical (seca y húmeda) se localiza en los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán, así como parte de los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas.

En esta región, para 1998 se logró una producción de 1,333 millones de litros y su participación a nivel nacional fue del 16%.

Cuadro 9. Leche de bovino, producción por entidad federativa 1995-1999

(miles de litros)

Entidad federativa	1995	1996	1997	1998	1999 p/	2000 e/
Jalisco	1,169,586	1,211,028	1,231,283	1,253,730	1,524,735	1,584,893
Durango	579,913	715,536	743,440	818,776	826,922	895,270
Coahuila	635,364	662,510	723,711	790,130	853,826	902,196
Chihuahua	479,490	559,942	630,103	698,320	722,849	790,215
Guanajuato	566,150	574,230	586,475	605,364	619,814	624,298
Veracruz	699,216	551,519	596,024	566,187	600,316	603,362
México	408,365	412,480	416,608	427,085	430,678	435,640
Aguascalientes	290,055	348,303	348,013	389,940	394,410	394,411
Hidalgo	323,430	331,792	335,273	345,998	362,217	368,169
Puebla	291,674	299,824	283,292	308,139	367,171	375,047
Michoacán	266,520	267,559	279,543	283,995	286,835	298,862
Chiapas	202,500	193,834	192,046	280,496	258,482	283,809
S.L.P	285,048	256,106	264,229	230,714	218,676	224,160
Baja California	163,690	176,591	185,061	211,723	230,510	233,110
Querétaro	155,090	141,025	158,853	171,778	185,270	188,215
Zacatecas	127,390	130,155	135,348	134,584	133,068	135,135
Oaxaca	130,002	130,212	132,254	133,765	136,709	140,536
Sonora	98,795	92,857	87,751	102,101	99,053	105,000
Tlaxcala	78,885	100,845	89,988	91,174	76,237	78,681
Tabasco	87,954	83,730	85,800	83,978	83,475	86,463
Sinaloa	57,068	57,208	55,091	82,700	84,197	92,682
Guerrero	61,133	58,773	58,714	69,472	69,633	73,819
Nayarit	51,671	54,963	51,067	43,145	58,682	68,516
Nuevo León	30,877	27,417	31,766	38,361	41,082	43,175
Colima	36,742	36,968	36,701	38,321	37,198	37,600
Baja California Sur	24,205	23,981	25,509	27,725	32,163	29,416
Tamaulipas	30,160	26,172	23,895	22,791	20,747	27,347
Campeche	17,851	18,449	18,730	18,567	17,738	19,000
D.F	13,730	11,958	11,352	17,283	22,898	18,000
Morelos	17,999	11,612	12,866	12,899	14,190	14,240
Yucatán	15,337	15,903	13,752	12,505	12,561	13,199
Quintana Roo	2,708	2,940	3,567	3,965	4,476	5,134
Total nacional	7,398,598	7,586,422	7,848,105	8,315,711	8,826,818	9,189,600
Comarca Lagunera	1,056,324	1,236,512	1,338,748	1,460,982	1,541,535	1,651,512

p/Preliminar

e/Pronóstico

Fuente: Boletín bimestral de leche, CEA-SAGAR, 2000

ASERCA (1997) señala que el número de ganaderos que se dedican de lleno a esta actividad se calcula aproximadamente en 7,000 personas, mientras que otras 150 mil la practican de manera marginal. La leche se produce en todos los estados de la República, los cuales aportan a la producción cercana a 8,320 millones de litros. Así mismo los

estados con mayor producción fueron Jalisco, Durango, Coahuila, Chihuahua, Guanajuato y Veracruz.

3.5. Destino de la producción nacional de leche

Para 1997, de los siete mil millones de litros que se produjeron en el país, el 41.3% se destinó al consumo directo de la población, bajo la denominación de leche bronca o economía informal, el 26.8% se canalizó a la industria quesera, el 20.1% lo absorbió la industria pasteurizadora, el 7.2% lo utilizó la leche industrializada, 1.1% para la elaboración de yogurt y 3.5% restante para procesar otros derivados lácteos (queso, crema, helados, etc.) ver cuadro 10.

Cuadro 10. Destino de la producción nacional de leche

Destino	%
Economía informal	41.3
Industria quesera	26.8
Elaboración de leche pasteurizada y UTH	20.1
Leches industrializadas	7.2
Elaboración de yogur	1.1
Otros derivados lácteos	3.5

Fuente: CANILEC, 1997

3.6. Canales de distribución de la leche en México

La distribución de los productos lácteos se realiza a través de diversos canales, siendo el principal el que integran los pequeños comercios tipo miscelánea o tiendas de abarrotes, aunque los de autoservicio tienden a ganar mas espacio, ver cuadro 11.

Cuadro 11. Canales de distribución de la leche

Entidad	%
Autoservicio	27.5
Gobierno	9.3
Canal tradicional: miscelánea y tienda	63.2

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Lechera, 1997

3.7. Programa de abasto social de leche

Un aspecto importante del mercado de la leche lo constituye la participación del estado a través del programa de Abasto Social de Leche a Zonas Rurales y Suburbanas Marginales.

La leche fluida se destina a programas sociales, principalmente urbanos, en los estados de la República, y la leche entera en polvo a las zonas rurales, donde no es factible la dotación de leche fluida por las dificultades para conservar el producto.

Contrario a lo que podría suceder en otras empresas lácteas LICONSA tiene una demanda constante de producto, determinada por las necesidades del programa de abasto social, traducándose en una producción constante durante todo el año. Ello contrasta con la oferta de leche fresca a la que LICONSA se ve sujeta, pues la estacionalidad de la producción lechera nacional obligaba a atender en forma urgente las demandas de captación de leche a los productores, con ofertas erráticas de volumen, condiciones de calidad poco deseables y tiempos de entrega inconvenientes.

La estrategia de apoyo para la producción primaria de LICONSA se basa en canales regionales de comercialización de leche fresca, esto es, en el acopio de leche de productores, uniones y asociaciones ganaderas, así como de rutereros e industrializadores lácteos, ver cuadro 12.

Cuadro 12. Programa de abasto social

Concepto	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Distribución diaria (miles de litros)	3,421	3,419	3,569	3,589	3,440	3,148
Niños beneficiados (miles)	4,906	5,244	5,128	5,081	4,489	4,200
Número de lecherías	6,296	7,584	11,072	11,076	5,644	6,350

Fuente: SEDESOL

Quinto Informe de gobierno, 1999

Así mismo, para beneficio de los niños menores de 12 años de escasos recursos, a través del Programa de Abasto Social de Leche, operado por LICONSA, se comercializan a un precio promedio inferior en más de 50 por ciento a la leche comercial similar, cuatro litros de leche por beneficiario a la semana.

3.8. Principales empresas en el mercado de la leche líquida

Todas las empresas encargadas del mercado de la leche complementan sus necesidades con leche en polvo descremada importada; la creciente participación que está adquiriendo la leche ultrapasteurizada se asocia al uso indiscriminado de leche en polvo descremada y grasas vegetales. Entre las principales empresas del mercado lácteo están las que muestra el cuadro 13.

Cuadro 13. Principales empresas en el mercado de la leche

Empresa	Participación (%)
Nestlé	25.6
Operadora de lácteos	16
Lala	9.1
Alpura	6
Campiña	1.5
Otras nacionales	40.7
Importadas	1.1
Total	100

Fuente: CANILEC, 1997

3.9. El consumo de leche en México

El crecimiento demográfico del país implica una mayor demanda de leche y productos lácteos tanto por el crecimiento de la población como por la creciente urbanización, que aunado al déficit de producción hace prever un crecimiento en la demanda.

El Consejo Nacional Agropecuario (1999) señala que el mercado de leche en México se compone de clientes cuyas características, expectativas y necesidades son heterogéneas. En primer término y desde la perspectiva de los productores de leche, destacan las empresas procesadoras de leche y derivados lácteos, que adquieren el producto como un bien de consumo intermedio. En el plano espacial se identifican tres mercados: Internacional, Nacional y Regional, cada uno con su propia dinámica y estructura. En relación con el consumo mínimo del lácteo por habitante, la FAO recomienda que se consuman 0.500 litros/día de leche; sin embargo, se estima que 40% de la población total del país nunca consume y 15% lo hace rara vez. FIRA estima que el consumo per cápita en 1998 es de 226 ml/día.

El 85% del consumo de leche pasteurizada se concentra en el mercado del Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey.

Resulta importante destacar el hecho de que en un país como el nuestro que ha entrado a las negociaciones internacionales de comercio, hoy en día su población consume 30% de la leche bruta, en tanto que un fuerte sector de consumidores adquiere leche subsidiada por el estado. En otras palabras, 52% del consumo total de leche se realiza fuera del circuito de las pasteurizadoras. El primer caso representa un fuerte problema sanitario, mientras que el segundo implica una fuerte fuga de divisas y desestimula a los productores lecheros nacionales.

El consumo de leche pasteurizada y de derivados lácteos es del 48% del consumo total; sin embargo, en virtud de la expansión urbana, se puede esperar (si cambia el nivel de ingreso de la población) que éste aumente.

La disponibilidad de leche por persona en México (descontando las importaciones) ha ido en descenso, lo que refleja que la tasa de crecimiento poblacional ha sido superior a la tasa de crecimiento de producción de leche.

Claridades Agropecuarias (2000) señala que respecto a las preferencias del consumidor, éstas se han visto beneficiadas con la proliferación de diferentes tipos de leche. Se comercializa actualmente leche fluida, en polvo, evaporada, reconstituida con grasa vegetal, condensada azucarada, fermentada, deslactosada, diversas fórmulas lácteas y en algunos casos leche adicionada con vitaminas y minerales. Por su proceso de conservación, en la leche fluida se pueden encontrar leche pasteurizada y ultrapasteurizada con diversas cantidades de grasa, como es el caso de la entera, descremada y parcialmente descremada.

Las preferencias del consumidor sustentan un mercado dinámico al permitirse elegir entre una gran gama de leches, en función de su poder adquisitivo, hábitos de consumo e inclusive por prescripción médica.

La leche se destina, en función de su uso, al consumo directo y al procesamiento en diversos productos, inclusive es utilizada por otras ramas industriales no relacionadas con el subsector lechero.

Cuadro 14. Consumo nacional aparente (cna) (miles de litros)

Concepto	Año							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Prod. Nacional	6,717,115	6,966,210	7,404,078	7,320,213	7,398,598	7,586,422	7,848,105	8,315,711
Importaciones	593,822	2,035,570	2,144,485	1,566,482	1,249,676	1,451,945	1,602,481	1,334,846
Exportaciones	10,404	3,874	23,875	61,950	19,106	20,352	37,047	9,342
Cna	7,300,532	8,997,906	9,524,688	8,824,746	8,629,168	9,018,015	9,413,539	9,641,215
Población (miles)	83,120	85,050	87,030	89,066	91,158	93,182	94,732	96,254
Can percapita (litros/año)	87.8	105.8	109.4	99.1	94.7	96.8	99.4	100.2
Can per cápita (litros/día)	0.241	0.290	0.300	0.271	0.259	0.265	0.272	0.274
Prod. Nac/cna	92.01%	77.42	77.74%	82.95%	85.74%	84.13%	83.37%	86.25%
Importaciones (cna)	8.13%	22.62	22.52%	17.75%	14.48%	16.10%	17.02%	13.85%

Fuente: Centro de estadística agropecuaria, SAGAR y Sistema de información comercial México-SECOFI, 1999

El consumo nacional aparente se determinó considerando la producción nacional más las importaciones y restándole las exportaciones de leche, homologadas a la unidad de medida que en este caso son “litros” para establecer una comparación adecuada. Para la determinación del consumo nacional aparente se consideró únicamente las fracciones que se relacionan con la leche como producto (leche fluida) ó con las leches, cuya

conversión a litros contemplan las mayores características del producto en sí (leche en polvo, evaporada y condensada).

3.10. La oferta de leche en México

Para junio de 1998, las principales cuencas lecheras del país produjeron el 68% de la producción nacional, en ese mismo año y descontando la producción de Veracruz (por no contar con ganado especializado), la aportación de las principales cuencas fue del 60%. En la actualidad la estructura productiva de la ganadería bovina de leche no es homogénea, su diferenciación radica en los niveles de tecnificación, por lo cual se les ha agrupado en tres sistemas de producción básicamente, que ha saber son: especializado o estabulado, Semiespecializado o de lechería familiar y el sistema de doble propósito o lechería tropical; diferenciándose en condiciones climáticas, de tecnología, rendimiento y en el tipo de productores. Lo anterior hace prácticamente imposible trazar políticas homogéneas para reactivar la producción lechera nacional. Ver cuadro 15.

Cuadro 15. Estructura y producción lechera en las cuencas más importantes del país 1998 y 1999

Región productora	Producción anual (miles de litros)		Participación relativa	
	1998	1999	1998	1999
Año	1998	1999	1998	1999
Jalisco	1,253,730	1,259,988	15.07	14.6
Durango	818,776	837,154	9.8	9.7
Coahuila	790,130	805,018	9.5	9.34
Chihuahua	698,320	769,840	8.4	8.9
Guanajuato	605,364	616,866	7.3	7.1
Veracruz	566,187	600,000	6.8	6.96
México	427,085	431,547	5.13	5
Aguascalientes	389,940	400,900	4.7	4.6
Hidalgo	345,998	364,651	4.2	4.23
Puebla	308,139	375,047	3.7	4.35
Total nacional	8,315,711	8,618,062	100	100
Comarca Lagunera	1,460,982	1,487,647	17.6	17.3

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro de Estadística Agropecuaria

Destaca la participación del estado de Jalisco como el principal productor de leche fresca tanto para el año de 1998 como de 1999. En tanto que la Comarca Lagunera tuvo respectivamente una producción cercana a 1,460 y 1,487 millones de litros con una participación ascendente; en contraparte, Chihuahua se situó en el cuarto lugar a nivel nacional en cuanto a producción se refiere.

IV. SECTOR INDUSTRIAL DE LA LECHE

4.1. La agroindustria de lácteos

Alvarez y Montaña (1997) señalan que una cadena agroindustrial se entiende como el conjunto de actores que en un esquema de división del trabajo interactúa con sus estrategias específicas, determinando la estructura y el funcionamiento de un conjunto productivo en un espacio y momento dados. Incluye distintos fenómenos en la secuencia de fases que recorre un producto desde su producción, condicionamiento, transformación, distribución y consumo.

Así se dan procesos de coordinación horizontal- entre agentes de un mismo segmento, como los ganaderos- y vertical- entre agentes de diferentes eslabones, que van desde la producción primaria (incluyendo el suministro de insumos y bienes intermediarios) hasta el consumo.

Un sistema agroindustrial, no es solamente una secuencia lineal de entrada y salida de insumos y productos en la cadena de producción y comercialización. El análisis sistemático, más que captar los flujos físicos de bienes y servicios en las distintas etapas por la que atraviesa el producto, hasta llegar a su destino final, intenta conocer las interacciones entre los componentes que permitan explicar el comportamiento del sistema y usarla para predecir un comportamiento futuro, es decir, los efectos que se producirán mediante cambios en algún parámetro del sistema o en su método de operación.

Del Carmen (1997) destaca que la industria de productos lácteos es una de las más importantes de la rama de alimentos; en su conjunto ha sido una actividad dinámica en la que se presenta un proceso de desarticulación de la producción primaria en virtud de que se puede operar con leche fresca o en polvo u otros insumos lácteos como materia prima.

En esta rama se cuenta con un gran número de pequeñas y medianas empresas, sin embargo también se ha dado un proceso importante de concentración productiva en empresas que han fortalecido sus vínculos con el exterior, ya sea como fuertes importadoras de equipo, insumos y aún materias primas, o bien con el establecimiento de alianzas estratégicas con empresas extranjeras.

4.2. Cadena productiva

Del Carmen (1997) señala que la cadena productiva de leche en México tiene un carácter estratégico ya que se trata de un alimento básico, de gran trascendencia en el ingreso y en el empleo rural, con una alta potencialidad para articular varios sectores productivos y de gran relevancia en la seguridad alimentaria.

La industria mexicana productora de leche fresca está constituida por todos los productores primarios de leche bronca que poseen y explotan comercialmente su producto en empresas que van desde las pequeñas granjas de tipo familiar hasta los grandes establos tecnificados. Todos venden su producción, ya sea a consumidores directos de leche fresca o bien a procesadores que transforman la leche bronca en las diferentes variedades de leches fluidas-pasteurizada, ultrapasteurizada, condensada, evaporada o azucarada-, en leches en polvo, entera o descremada y en una gran variedad de quesos, mantequilla, yogures, helados y sueros.

En esta actividad en particular, la tecnología ha constituido una fuerza motora del crecimiento de la producción de leche y en la diversificación de productos. El avance se ha dado en el sector agropecuario, como en el industrial, aunque en ambos casos se observan graves desigualdades.

FIRA (1997) señala que la cadena productiva lechera en México está constituida por 70 mil empresas en la actividad primaria y más de 11 mil en proceso, generando aproximadamente 360 mil empleos permanentes.

Durante el presente sexenio (1995-2000) productores y gobierno han establecido el compromiso de sustituir para el año 2000 el 70% de las importaciones y lograr la autosuficiencia para el año 2003. Para alcanzar lo anterior se han establecido una serie de apoyos gubernamentales y FIRA, dentro del ámbito de su competencia, se ha sumado al logro de ese objetivo.

Para lograr la competitividad dentro de una economía globalizada se requiere atender el desarrollo de la Cadena Productiva Leche en forma integral, en los siguientes aspectos:

- Acciones que permitan incrementar la eficiencia y productividad de la actividad primaria, tales como transferencia de tecnología, asistencia técnica y capacitación.
- Organización de productores para lograr economías de escala que contribuyan en la reducción del costo de los insumos de producción y contratar servicios en forma colectiva. Promover una integración vertical para obtener valor agregado y una posición competitiva en el mercado.
- Apoyos financieros y garantías para el apoyo al crecimiento, eficientización e integración de la cadena.

4.3. Panorama general del mercado y la industria

International Finance Corporation (1993) citado por FIRA (1994) señala que México es uno de los diez mercados más grandes del mundo en lo que a compras de leche en polvo se refiere.

De entre esos, México es el importador de derivados de la leche más significativo, estas son en su mayor parte de leche en polvo para ser reconstituida.

La leche disponible en el país se destina a cuatro usos: consumo directo (leche bronca), pasteurización, elaboración de leches y la fabricación de derivados lácteos.

El mercado mexicano está fuertemente orientado hacia el consumo de leche fluida, solo 20% 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 esta 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. 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 la 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 proporción de la llamada leche bronca que se expende directamente al consumidor, el cual la debe preparar para su consumo en casa (cerca del 25% del consumo de leche fluida). Esta se concentra principalmente en el sur del país. En el centro y norte de México (que contiene 60% de la población) se consume 80% del total de la leche pasteurizada.

Del total de materias primas para las plantas procesadoras 86%, equivalente a 8,300 millones de litros, provienen de empresas familiares y 14% (equivalente a 1,300 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 9,600 millones de litros anuales disponibles (equivalente en leche fluida), la mayor parte (80% ó 7,700 millones de litros) es usada para el consumo directo como leche fluida. El 20% restante (1,900 millones de litros) es utilizada para el procesamiento de derivados lácteos.

Poco arriba de 4,600 mil millones de litros es procesada para la venta comercial en forma de leche fluida y 1,200 millones de litros son canalizados para ventas subsidiadas. 41% de la leche procesada para el comercio es consumida como pasteurizada y homogeneizada, 25% se comercializa en forma de leche en polvo, 19% como leche ultrapasteurizada, 14% es rehidratada y el 1% se consume como pasteurizada.

De los 1,900 millones de litros procesados en la industria de derivados, 75% se utiliza para producción de queso, 10.5% en yogur, 10% en helados y otros, 3.4% utiliza 64 millones de litros para fabricar crema y 0.5% para mantequilla.

4.4. Los límites derivados del comportamiento de los mercados

Coexisten en el mercado determinantes funcionales y condicionantes que impiden un desarrollo integral del sector y limitan sus posibilidades de expansión.

Entre las determinantes funcionales se encuentran las siguientes:

- Precios de insumos lácteos intermedios de importación que entran al mercado nacional por debajo de los costos de producción, incluso de los países exportadores.
- Límites estructurales a la comercialización de leche fresca que, en no pocos casos, obliga al productor a vender por debajo de sus costos o que su producción se pierda.
- Producción cíclica excedente por temporada, debido a la estacionalidad de la producción, sobre todo por entrar en producción el ganado del trópico y de ordeña estacional.
- Importación indiscriminada de productos, subproductos y derivados lácteos que entran al país en condiciones de competencia infranqueable.
- Inestabilidad en el mercado por la volatilidad de los precios entre los distintos estados de México que, aún siendo vecinos, presentan fuertes brechas.
- Existencia de patrones de consumo con una marcada presencia de adulteraciones debido a una deficiente normalización de los productos lácteos, tanto nacionales como de importación.

Entre las determinantes condicionales están las siguientes:

- Formas de organización productor-industria asimétricas en un amplio segmento de la lechería que limita su potencial de expansión y comercialización.

- Fuertes presiones de comercialización de la leche fresca ante la avalancha de importaciones de sustitutos de leche a precios de desecho por parte de países de origen.
- Imposibilidad de generar horizontes de planeación de corto, mediano y largo plazo ante la deficiente e inoportuna información estadística existente.
- Monopolio de LICONSA en el programa social de abasto al sector social de bajos recursos.

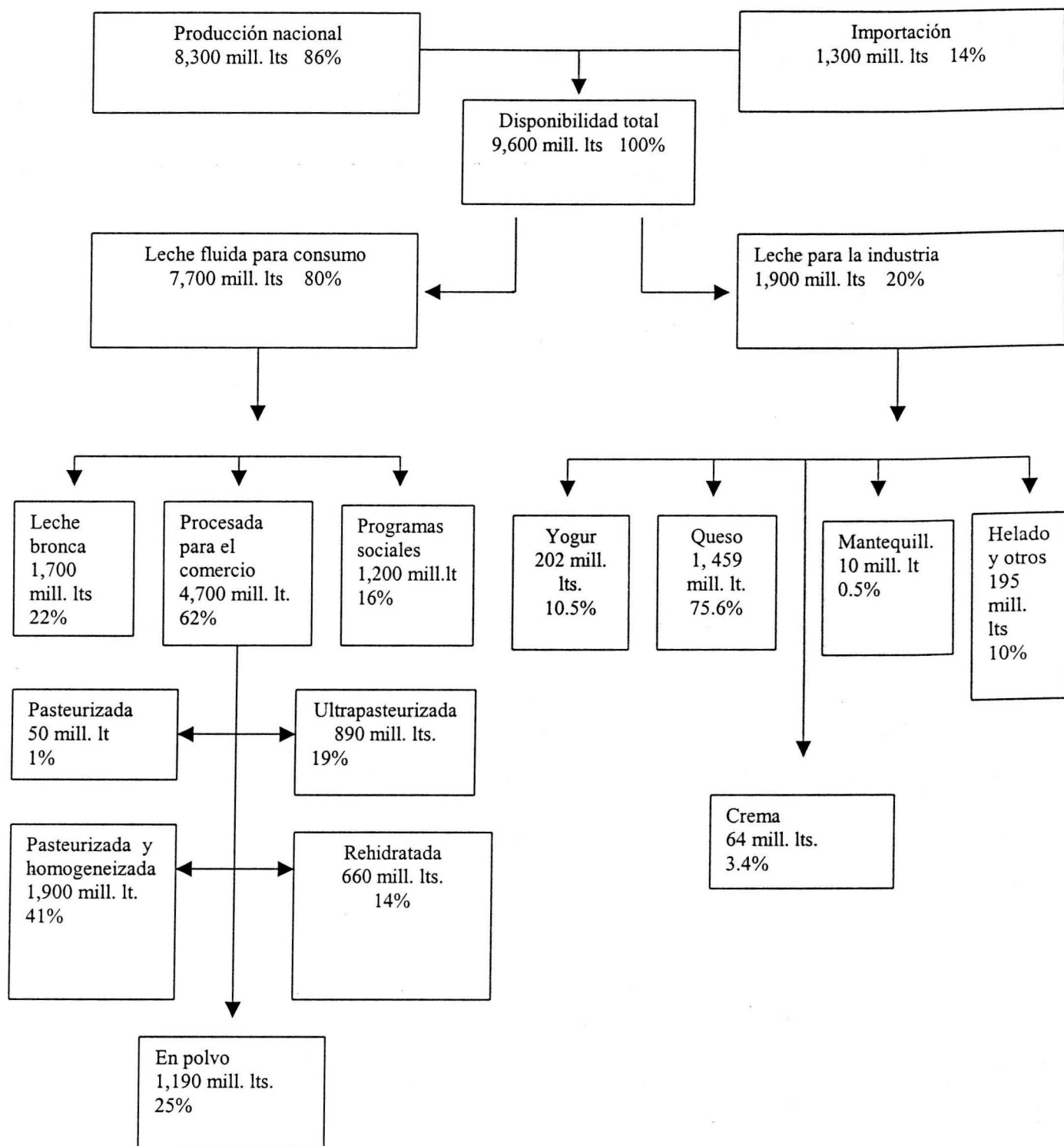


Diagrama 1. Origen y usos de la leche en México

Calculado por el autor en base a FIRA

4.5. Visión de la problemática de la ganadería lechera

En los últimos años, los productores han visto reducir sus márgenes de ganancia a tal grado que muchos productores han tenido que salirse del sector. La reciente apertura comercial ha generado un ambiente de incertidumbre en torno al futuro de este sector.

Los siguientes factores son solo algunos a los cuales se enfrentan día a día los productores de leche en México:

- La ausencia de una planeación adecuada.
- La falta de rentabilidad.
- Apertura comercial rápida (tiempo insuficiente para lograr la reconversión).
- Pocas expectativas de crecimiento y restricción crediticia.
- La falta de investigación tecnológica.
- Falta de incentivos y subsidios a la producción de leche.
- Baja del poder adquisitivo de la mayor parte de la población.
- Incremento paulatino de los costos de producción y costos operativos.
- Inadecuada administración de carácter empresarial.
- Déficit en la producción nacional y prácticas desleales en la importación de este producto.
- Nuevos competidores del exterior.

V. PROGRAMACIÓN LINEAL

5.1. Modelo:

Maroto (1996) señala que un modelo no es más que la representación matemática de un problema real, descrito a través de las variables, la función objetivo y las restricciones.

Torres (1996) define a la **Programación Lineal** como una técnica de la matemática aplicada que aborda problemas de optimización, ya sea maximizar o minimizar, de una determinada función lineal, tal que cumpla ciertas relaciones lineales, sujetas a una serie de limitaciones o restricciones.

Aunque la programación lineal puede ser de gran utilidad, hay que señalar que no es ningún remedio que resuelve por sí solo algunos posibles aspectos de un problema. Es simplemente una herramienta auxiliar que amplía las perspectivas de análisis de alternativas de una manera objetiva para facilitar la toma de decisiones de planificación y que permite que la elección sea óptima según sea el criterio empleado para tal, y en ese sentido hay que situar su utilidad y posibilidades de uso.

La importancia de la programación lineal se aprecia cuando se hace notar que sirve para asignar recursos limitados entre distintas actividades alternativas, para cumplir con un objetivo de optimalidad.

Verdugo (1991) considera que al resolver el problema de optimización debe definirse ante todo una función objetivo, en la cual la variable dependiente represente el objetivo de maximización o minimización y el conjunto de variables independientes indica los objetivos cuyas magnitudes pueden elegir la unidad económica en cuestión. La esencia del proceso de optimización consiste en encontrar el conjunto de valores de las variables de elección que brinden el extremo deseado de la función objetivo.

El criterio más común de elección es el de maximizar o minimizar una función desde el punto de vista económico, se puede clasificar a esos procesos de maximización ó minimización bajo el título de optimización, que significa la búsqueda de la mejor solución posible.

5.2. Estructura general de la programación lineal

Maroto (1996) señala que la programación lineal es una técnica matemática que permite resolver problemas del tipo siguiente: determinar los valores de las variables $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$, con el objetivo de optimizar una determinada función y tal que se verifiquen otro conjunto de ellas, todas lineales por definición. Los problemas de programación lineal pueden expresarse de la manera siguiente:

Obtener los valores de $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$

Con el objetivo de optimizar (maximizar o minimizar) la función:

$$F(X)=Z=C_1X_1+C_2X_2+\dots+C_jX_j+\dots+C_nX_n$$

Tales que se cumplan:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2j} X_j + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

.....

$$a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ij} X_j + \dots + a_{in} X_n \leq b_i$$

.....

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mj} X_j + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m$$

y además que:

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_j \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

Todo ello expresado en forma matemática, quedaría un sistema de la estructura siguiente:

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \dots\dots\dots [1]$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b; i = 1, 2, \dots, m \dots\dots\dots [2]$$

$$X_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots [3]$$

También es interesante conocer la expresión de este sistema en forma matricial porque a través de la teoría de matrices como se plantean los algoritmos matemáticos más corrientes de resolución de estos modelos de programación lineal. Por otra parte, la expresión en forma matricial ayuda a comprender la estructura general de la programación lineal, facilita la comprensión del formato de entrada de los datos en los programas informáticos de aplicación y permite visualizar el modelo globalmente.

La forma matricial se expresa así:

$$C X = f(X)$$

$$A X \leq B$$

$$X \geq 0$$

Siendo:

$$C = \{ C_1 C_2 \dots C_n \}$$

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_i \\ \dots \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_i \\ \dots \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}$$

Es decir:

X: Vector columna de n elementos (variables o incógnitas)

C : Vector fila de coeficientes de la función objetivo (coeficientes económicos)

A: Matriz de m filas y n columnas de coeficientes técnicos; también se denomina matriz tecnológica

B: Vector columna de m elementos, de valores de los límites

5.3. Terminología de los modelos de programación lineal

La terminología dependerá de cada problema concreto, dada la diversidad de tipos sobre los que se puede aplicar el modelo de programación lineal. Esta terminología es la siguiente:

Z : Función objetivo o función económica a maximizar o minimizar

$\sum a_{ij} X_j$: Restricción ó línea (recurso o factor)

X_j : Variable o columna j (actividad, producto, etc)

a_{ij} : Coeficientes o parámetros técnicos, de la variable j en la restricción i (v.gr.: cantidad de recurso i necesario para producir una unidad de producto j; rendimiento del factor i en la actividad j, etc)

b_j : Límite o valor de la restricción (v.gr.: disponibilidad de recurso o factor, etc)

C_j : Coeficientes de la variable j en la función objetivo

5.4. Aplicaciones y usos

La programación lineal puede usarse para analizar el uso del crédito agrícola en las fincas, determinar planes óptimos de cultivos en base a niveles determinados de crédito, etc. En la ganadería se utiliza para el calculo de las raciones de costo mínimo que usen materias primas disponibles y que cumplan con restricciones de mínimos o máximos de nutrientes proteínicos, grasas, carbohidratos, etc.

Sirve para introducir restricciones subjetivas, legales o de cualquier otro tipo, en los planes de producción. Por ejemplo, permite que en el programa para un agricultor no aparezcan más de 5 hectáreas sembradas de avena, si así lo prefiere. También es útil para planear rotaciones de cultivos.

5.5. Limitaciones de la programación lineal

Mena (1980) señala que la programación lineal es una herramienta poderosa para la planeación, sin embargo no es nada mas que eso, una herramienta. No puede sustituir el criterio y el conocimiento que el investigador debe tener. Es útil cuando se le aplica en los casos en que se le utiliza.

5.6. Importancia de la programación lineal.

Torres (1996) señala que una de las causas que ha motivado un mayor interés de la programación lineal en el sector agropecuario se debe a su posibilidad de incluir un gran número de actividades y restricciones en sus aplicaciones, lo que le convierte en un

método eficaz en la ordenación y planificación rural analizando alternativas productivas. Entendiendo por planificación la función de asignar y distribuir los medios y recursos disponibles, para que el proceso de transformación sea eficiente y se alcancen los objetivos marcados, con la programación lineal para conseguir todo ello, se pueden plantear una serie de relaciones lineales para repartir cada uno de los recursos y factores disponibles, con el conjunto de métodos/técnicas más apropiados, para obtener una propuesta productiva: combinación de variables que optimicen una determinada función lineal. Se puede decir que la programación debe entenderse como sinónimo de planeación y que el término “lineal” indica que la función objetivo y las restricciones deben ser lineales. La importancia de la programación lineal radica en el amplio campo de aplicaciones que tiene y la diversidad de problemas que resuelve, tales como el de analizar el uso del crédito, determinar planes óptimos de cultivos, definir calendarios de distribución de agua en obras de irrigación, minimizar el costo de dietas alimenticias para ganado, planificar actividades económicas. La programación lineal a diferencia de otras técnicas matemáticas complejas, tiene ventajas difícilmente sustituibles. Los métodos de programación lineal encuentran cada vez mayor aplicación en la economía, lo cual hace que constantemente se perfeccionen y permitan dar solución a nuevos problemas. En efecto, la programación lineal es un modelo matemático y como tal es una simplificación de la realidad, lo que exige un gran rigor en el planteamiento de las relaciones seleccionadas. Pero si este es correcto, permite efectuar predicciones y/o aproximaciones, imposibles de conseguir con otros métodos.

5.7. Formulación del modelo

Estrictamente hablando los elementos que integran un modelo de programación lineal son los siguientes:

- a) La función objetivo.
- b) El conjunto de restricciones.
- c) Las condiciones de no negatividad.

Función objetivo: Es la expresión matemática lineal del propósito deseado, el cual puede ser maximizar o minimizar una función.

Los componentes de la función objetivo son:

a.1) Las actividades o variables: Para cada actividad que se incluye en el programa de optimización, se le asigna una variable distinta ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), las cuales deberán medirse en unidades de actividad. Estas representan aquellos aspectos que son controlables, Maroto (1996).

a.2) Precios netos: Se conoce como precio neto al incremento bruto de la función objetivo que lleva a cabo la realización de una unidad de actividad. Son los coeficientes de las variables o actividades que en problemas de maximización indican el ingreso neto obtenido por unidad de actividad realizada, mientras que en el caso de la minimización representan los costos en que incurren por llevar a cabo una unidad de actividad.

a.3) Precios Sombras (Costos neto menos costo de oportunidad): es el efecto neto sobre la función objetivo, debido a la realización de una unidad de actividad. En un problema de producción los precios sombra miden el impacto sobre el ingreso neto al aumentar en una unidad la disponibilidad de los insumos. Los precios sombra de los recursos son un indicador de la pérdida que sufre el modelo al retirar una unidad

disponible en aquellas restricciones donde se utiliza todo el nivel dado del insumo. Los precios sombra de las actividades no seleccionadas causan una disminución de la función objetivo.

a.4) Costos de oportunidad: Es la cantidad que se sacrifica de la función objetivo, debido a la no realización de una unidad de actividad, en otras palabras, es la pérdida en la que se incurrirá si se intenta producir una unidad adicional de esa actividad.

a.5) Análisis de sensibilidad: Permite tener una visión más clara sobre los posibles cambios en los ingresos brutos o en los niveles de disponibilidad de los recursos; su objetivo es hacer más útil la interpretación de los precios sombra al efectuar una estimación del intervalo del rango de variación en que un precio sombra es relevante.

b) El conjunto de restricciones: Son un sistema de igualdades ó desigualdades lineales que expresan las condiciones a que debe sujetarse la función objetivo. Para problemas de máximos las restricciones se expresan en desigualdades que especifican que no más de la cantidad fija de recursos disponibles podrá ser usada en un plan de producción; podrán quedar recursos ociosos, pero no es posible que se exceda a las cantidades disponibles de los distintos recursos escasos; en los problemas de mínimos las restricciones son también un sistema de desigualdades que especifican que para cumplir con las necesidades de optimización de la función objetivo deberán usarse no menos de ciertas cantidades fijas del recurso; estos podrán ser usados en una cantidad mayor a la mínima, pero nunca debajo de ciertas necesidades programadas.

Es necesario considerar una desigualdad por cada recurso escaso que se ejecute; en el primer miembro de la desigualdad se suman las necesidades de dicho recurso por unidad de actividad de todo el conjunto de actividades involucradas en el modelo, es decir, en

las restricciones se vuelven a sumar todas las variables de la función objetivo, pero esta vez multiplicadas cada una por su correspondiente cantidad de recurso que se necesita para producirlas en una unidad de actividad; en el segundo miembro de la desigualdad se especifica la cantidad disponible del recurso.

Por lo tanto, en las restricciones habrá un componente principal, los coeficientes de producción, que son los coeficientes de las actividades en las restricciones, que especifican la cantidad de un recurso que es necesario para producir una unidad de actividad.

c) Las Condiciones de no negatividad: Una de las condiciones de la programación lineal es que no genera valores negativos en sus resultados, por lo tanto, si se tiene un conjunto de restricciones hay que agregarles otro de condiciones de no negatividad, que permita asegurar que los valores de las variables no resulten negativas.

5.8. Supuestos del modelo de programación lineal

Como instrumento de análisis matemático, la programación lineal se basa en una serie de supuestos que hace válidos sus resultados, los cuales deben ser satisfechos.

Entre los supuestos de esta herramienta se tienen los siguientes:

a) La aditividad: Se refiere al hecho de que todo el conjunto de actividades utilizadas en el modelo, pueden ser sumadas; en otras palabras, que el producto total de las actividades es igual a la suma de los productos individuales de cada actividad.

b) La linealidad: Se refiere al objetivo que se busca, representado por una función que debe ser lineal, es decir, que la cantidad de producto que se obtenga va a estar en relación a la cantidad de recursos utilizados para la producción. Se suponen

rendimientos constantes a escala y como consecuencia necesaria no se toma en cuenta la ley de los rendimientos marginales a escala.

c) La divisibilidad: Indica que tanto la cantidad de recursos con que se cuenta como el producto que se puede obtener pueden ser fraccionados infinitamente.

d) La finitud: Significa que tanto el número de actividades como la cantidad de recursos que se pueden utilizar, existen en número finito.

e) La certidumbre: Nos dice que los valores de los coeficientes técnicos, los precios y las cantidades de recursos disponibles se conocen con certeza.

5.9. Solución de un problema de programación lineal

Como solución de un problema de programación lineal, vamos a entender a cualquier conjunto de valores ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) calculados para sus respectivas variables independientes en la función objetivo y en las restricciones.

5.9.1. Solución factible

Es una solución que satisface a todas las restricciones del modelo. Las soluciones factibles son todos los puntos que integran a la región factible.

5.9.2. Solución óptima

Es una solución factible que tiene la característica de optimizar a la función objetivo.

5.10. Métodos de solución

La programación lineal tiene como objetivo determinar la asignación óptima de escasos recursos entre un conjunto de productos o actividades.

Normalmente las condiciones conducen a la optimización de la función sujeta a una serie de restricciones con desigualdades, cuando éstas son más de una, la técnica de la programación lineal constituye un método eficaz y sencillo.

Si el conjunto de restricciones por muchas que estas sean, se limitan a dos variables; uno de los métodos más sencillos para resolver estos problemas es el método gráfico, para la maximización y minimización del mismo. Otros métodos que resuelven éste tipo de problemas en donde se involucra una cantidad alta tanto de restricciones como de variables, lo representa el método analítico, el cual presenta dos variantes: el método simplex y el método de computo electrónico.

5.10.1. El método gráfico

Este método consiste en graficar las ecuaciones, las cuales representan las restricciones y la función objetivo del modelo. Cada eje de la gráfica representa una actividad por lo cual se limita únicamente a la introducción de dos actividades.

Una de sus desventajas es que solo auxilia en problemas que involucren a no mas de tres actividades, esto porque se asigna una variable a cada eje y no es posible graficar espacios mayores al tridimensional.

5.10.2. El método simplex

Este es un método algebraico que permite resolver problemas de programación lineal. El procedimiento general para resolver los problemas con este método es un algoritmo, el cual es un proceso iterativo, una acción en el que se repite un proceso sistemático una y otra vez hasta obtener el resultado deseado, sin la necesidad de graficar.

El método simplex se inicia con una matriz en la que solo se generan variables de holgura, a partir de aquí se introducen nuevas variables, hasta lograr obtener la solución óptima. Se basa en el hecho de que el óptimo de un problema de programación lineal siempre deberá ocurrir en un punto extremo debido a la linealidad y convexidad de las restricciones. El método se inicia en un punto extremo factible y se mueve hacia otro punto factible adyacente que incremente la función objetivo. Cuando no es posible moverse a otro punto adyacente que mejore la función objetivo, ahí se ha alcanzado el óptimo. Se trabaja en base a tablas en las que cada tabla representa una solución factible del programa, la primera corresponde al punto de origen, es decir, en las que los valores de las variables son ceros, la cual indica que no se produce nada y por lo tanto el valor de la función es mejor con esta solución, el valor de la función ya no es cero.

El método simplex utiliza el álgebra de matrices para obtener la inversa de una matriz que le permita resolver un sistema de ecuaciones simultáneas.

Este método se resume de la siguiente forma:

- a) Se introducen variables de holgura para convertir las desigualdades en igualdades.
- b) Identificación de una solución básica factible.
- c) Determinar la variable de holgura que sale.
- d) Cambiar la variable que entra por la de holgura que sale y determinar la solución básica factible.
- e) Ver si esta es la solución óptima.
- f) Detenerse cuando ya no se pueda incrementar la función objetivo al introducir una variable real. Si no es la solución real, se tiene que hacer una repetición del proceso hasta llegar a la solución óptima.

La solución final debe ser factible y óptima, por consiguiente a partir del segundo programa esta determinado por los criterios de optimalidad y factibilidad.

5.10.2.1. Ventajas del método simplex

Entre las ventajas que ofrece este método, se cuenta con las siguientes:

- a) Facilita la rutina de cálculo.
- b) Ayuda a solucionar problemas de magnitud regular.
- c) Permite llegar a la solución óptima en unas cuantas etapas.

5.10.2. Método de computo electrónico

Torres (1996) señala que cuando nos enfrentamos a problemas con un gran número de actividades alternativas, no es posible su solución con los métodos mencionados, el método más sencillo y práctico es el uso del computo electrónico, que permite realizar en forma rápida programas muy complejos.

Las principales ventajas de la utilización de la informática son la velocidad de cálculo, el elevado número de operaciones, rutinas y funciones que puede incorporar, su mayor precisión, volumen de información que puede almacenar y procesar, y por ultimo, la velocidad de respuesta. Todo ello se traduce desde el punto de vista predictivo en una planificación y adopción de decisiones a largo y mediano plazo.

5.10.3. Que es el QSB para Windows

El QSB es un programa diseñado para analizar y resolver toda una gama de problemas económicos, el cual está integrado por diecinueve módulos. En esta sección se da especial énfasis al módulo diez referido a la técnica de programación lineal y entera, este

programa resuelve problemas con una gran cantidad tanto de variables como de restricciones tenga el modelo.

Cuadro 16. Módulos del QSB para Windows

1	Acceptance Sampling Análisis
2	Aggregate Planning
3	Decision Analysis
4	Dynamic Programming
5	Facility Location and Layout
6	Forecasting
7	Goal Programming
8	Inventory Theory and System
9	Job Scheduling
10	Linear and Integer Programming
11	Marcov Process
12	Material Requirement Planning
13	Network Modeling
14	Nonlinear Programming
15	PERT-CPM
16	Quadratic Programming
17	Quality Control Chart
18	Queuing Analysis
19	Queuing System Simulation

VI. METODOLOGÍA

La investigación inició con una revisión bibliográfica sobre el comportamiento del subsector lechero y su impacto, continuó con la recopilación de información estadística de las diferentes instancias relacionadas con el sector agropecuario tales como FIRA, SAGAR, INEGI, CANILEC, ASERCA, CNA y páginas de internet.

Dado que se trata de un estudio a nivel nacional, se escogieron los estados mas representativos en cuanto a producción de leche, siendo estos Jalisco, Durango, Coahuila, Chihuahua, Guanajuato y Veracruz, quienes en conjunto representan más del 50% de la producción nacional.

Para la construcción del modelo se hizo uso del paquete computacional QSB para Windows utilizando el módulo de Programación Lineal y Entera, la cual es una técnica matemática considerada como parte de una técnica más general llamada Programación Matemática; por medio de ella se elaboró el modelo que simula la red de valor de la leche para el año de 1998.

El modelo se formula con los siguientes elementos:

****Actividades**

- * Producción de leche por estado.
- * Procesamiento de leche por estado.
- * Transporte de leche por estado.
- * Venta de leche por estado.
- * Venta de leche según origen y destino.
- * Procesamiento de leche para derivados por estado.
- * Venta de derivados por estado.

**** Restricciones**

- * Cantidad de tierra para uso pecuario por estado.
- * Producción de leche por estado.
- * Mano de obra utilizada en la producción de leche.
- * Mano de obra utilizada en el procesamiento de leche.
- * Disponibilidad de leche según estado.
- * Producción de leche pasteurizada.
- * Producción de leche para derivados.
- * Transporte de leche enviado a México según estado.

**** Precios netos.**

Los precios de la función objetivo son los coeficientes de las variables (X) que indican de que manera el valor total de la función objetivo es afectada por la adición de una unidad de actividad.

**** Coeficientes técnicos.**

Los coeficientes técnicos reflejan la demanda que una unidad de actividad ejerce sobre un determinado recurso, los coeficientes técnicos que reflejan la demanda sobre un recurso tienen signo positivo, si estos coeficientes técnicos tienen signo negativo indican que aumenta la oferta del recurso.

6.1. Definición de las actividades del modelo

La matriz consta de cuarenta y dos actividades, seis de producción, seis de procesamiento de leche, seis de venta, seis de transporte, seis de venta según origen y destino, seis de procesamiento de derivados y seis de venta de derivados.

Actividades de Jalisco

X1 = Producción de leche en Jalisco

X2 = Procesamiento de leche en Jalisco

X3 = Venta de leche en Jalisco

X4 = Costo de transporte de leche de Jalisco a México

X5 = Venta de Jalisco a México

X6 = Procesamiento de derivados de leche en Jalisco

X7 = Venta de derivados en Jalisco

Actividades de Durango

X8 = Producción de leche en Durango

X9 = Procesamiento de leche en Durango

X10 = Venta de leche en Durango

X11 = Costo de transporte de leche de Durango a México

X12 = Venta de Durango a México

X13 = Procesamiento de derivados de leche en Durango

X14 = Venta de derivados en Durango

Actividades de Coahuila

X15 = Producción de leche en Coahuila

X16 = Procesamiento de leche en Coahuila

X17 = Venta de leche en Coahuila

X18 = Costo de transporte de leche de Coahuila a México

X19 = Venta de Coahuila a México

X20 = Procesamiento de derivados de leche en Coahuila

X21 = Venta de derivados en Coahuila

Actividades de Chihuahua

X22 = Producción de leche en Chihuahua

X23 = Procesamiento de leche en Chihuahua

X24 = Venta de leche en Chihuahua

X25 = Costo de transporte de leche de Chihuahua a México

X26 = Venta de Chihuahua a México

X27 = Procesamiento de derivados de leche en Chihuahua

X28 = Venta de derivados en Chihuahua

Actividades de Guanajuato

X29 = Producción de leche en Guanajuato

X30 = Procesamiento de leche en Guanajuato

X31 = Venta de leche en Guanajuato

X32 = Costo de transporte de leche de Guanajuato a México

X33 = Venta de Guanajuato a México

X34 = Procesamiento de derivados de leche en Guanajuato

X35 = Venta de derivados en Guanajuato

Actividades de Veracruz

X36 = Producción de leche en Veracruz

X37 = Procesamiento de leche en Veracruz

X38 = Venta de leche en Veracruz

X39 = Costo de transporte de leche de Veracruz a México

X40 = Venta de Veracruz a México

X41 = Procesamiento de derivados de leche en Veracruz

X42 = Venta de derivados en Veracruz

6.2. Definición de las restricciones

Las restricciones del modelo están agrupadas en doce segmentos, las cuales se formulan con los cuadros 21, 22, 23, 24 y 25.

Restricciones de Jalisco

C1 = Producción de un litro de leche en Jalisco

C2 = Destino de un litro de leche procesada de Jalisco

C3 = Venta de leche de Jalisco en México

C4 = Transporte de derivados de leche de Jalisco

C5 = Relación leche líquida-derivados

Restricciones de Durango

C6 = Producción de un litro de leche en Durango

C7 = Destino de un litro de leche procesada de Durango

C8 = Venta de leche de Durango en México

C9 = Transporte de derivados de leche de Durango

C10 = Relación leche líquida-derivados

Restricciones de Coahuila

C11 = Producción de un litro de leche en Coahuila

C12 = Destino de un litro de leche procesada de Coahuila

C13 = Venta de leche de Coahuila en México

C14 = Transporte de derivados de leche de Coahuila

C15 = Relación leche líquida-derivados

Restricciones de Chihuahua

C16 = Producción de un litro de leche en Chihuahua

C17 = Destino de un litro de leche procesada de Chihuahua

C18 = Venta de leche de Chihuahua en México

C19 = Transporte de derivados de leche de Chihuahua

C20 = Relación leche líquida-derivados

Restricciones de Guanajuato

C21 = Producción de un litro de leche en Guanajuato

C22 = Destino de un litro de leche procesada de Guanajuato

C23 = Venta de leche de Guanajuato en México

C24 = Transporte de derivados de leche de Guanajuato

C25 = Relación leche líquida-derivados

Restricciones de Veracruz

C26 = Producción de un litro de leche en Veracruz

C27 = Destino de un litro de leche procesada en Veracruz

C28 = Venta de leche de Veracruz en México

C29 = Transporte de derivados de leche de Veracruz

C30 = Relación leche líquida-derivados

Restricciones de disponibilidad de leche

C31 = Disponibilidad de leche en Jalisco

C32 = Disponibilidad de leche en Durango

C33 = Disponibilidad de leche en Coahuila

C34 = Disponibilidad de leche en Chihuahua

C35 = Disponibilidad de leche en Guanajuato

C36 = Disponibilidad de leche en Veracruz

C37 = Disponibilidad de leche en el D.F.

C38 = Mercado nacional de derivados de leche

Restricciones de tierra dedicada a la producción pecuaria

C39 = Superficie dedicada a la producción pecuaria en Jalisco

C40 = Superficie dedicada a la producción pecuaria en Durango

C41 = Superficie dedicada a la producción pecuaria en Coahuila

C42 = Superficie dedicada a la producción pecuaria en Chihuahua

C43 = Superficie dedicada a la producción pecuaria en Guanajuato

C44 = Superficie dedicada a la producción pecuaria en Veracruz

Restricciones de mano de obra

C45 = Mano de obra utilizada en la producción de leche

C46 = Mano de obra utilizada en el procesamiento de leche

Restricciones de producción de leche pasteurizada y derivados

C47 = Producción total de leche pasteurizada

C48 = Producción de leche para derivados

Restricciones de producción de leche

C49 = Producción de leche en Jalisco

C50 = Producción de leche en Durango

C51 = Producción de leche en Coahuila

C52 = Producción de leche en Chihuahua

C53 = Producción de leche en Guanajuato

C54 = Producción de leche en Veracruz

C55 = Producción total de leche

Restricciones de leche enviada al D.F

C56 = Volumen enviado de Jalisco al D.F

C57 = Volumen enviado de Durango al D.F

C58 = Volumen enviado de Coahuila al D.F

C59 = Volumen enviado de Chihuahua al D.F

C60 = Volumen enviado de Guanajuato al D.F

C61 = Volumen enviado de Veracruz al D.F

6.3. Función objetivo del modelo

Para la construcción de la función objetivo se consideró a los cuadros 17, 18, 19 y 20.

La función objetivo del modelo es maximizar el valor neto de la red leche, la cual queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z = & -3.27X_1 - 2.20X_2 + 5.80X_3 - 1.15X_4 + 7X_5 - 2X_6 + 12X_7 - 2.83X_8 - 2.20X_9 + 5.80X_{10} - \\ & 1.80X_{11} + 7X_{12} - 2X_{13} + 12X_{14} - 2.56X_{15} - 2.20X_{16} + 5.70X_{17} - 1.74X_{18} + 7X_{19} \\ & 2X_{20} + 12X_{21} - 2.58X_{22} - 3X_{23} + 5.90X_{24} - 2.90X_{25} + 7X_{26} - 2X_{27} + 12X_{28} - 2.94X_{29} - \\ & 2.20X_{30} + 5.80X_{31} - 0.70X_{32} + 7X_{33} - 2X_{34} + 12X_{35} - 2.6X_{36} - 2.20X_{37} + 5.10X_{38} - \\ & 0.85X_{39} + 7X_{40} - 2X_{41} + 12X_{42} \end{aligned}$$

Cuadro 17. Costos de producción y procesamiento de leche (\$/lt.)

Estado	Producción	Procesamiento
Jalisco	3.27	2.20
Durango	2.83	2.20
Coahuila	2.56	2.20
Chihuahua	2.58	3
Guanajuato	2.94	2.20
Veracruz	2.63	2.20

Fuente: CEA, SAGAR.

Son los coeficientes técnicos de la función objetivo

Cuadro 18. Precio de venta y costo de transporte de leche (\$/lt).

Origen	Pasteurizada 1/	Destino	Costo 2/
Jalisco	5.80	D.F	1.15
Durango	5.80	D.F	1.80
Coahuila	5.70	D.F	1.74
Chihuahua	5.90	D.F	2.90
Guanajuato	5.80	D.F	0.70
Veracruz	5.10	D.F	0.85

Fuente: 1/ SECOFI, Delegaciones Federales. 2/ Elaboración propia en base a INEGI, Mapa turístico de la República Mexicana y costos de transporte por kilómetro.

Cuadro 19. Precio de venta según origen y destino y costos de procesamiento de derivados de leche (\$/lt).

Origen	Destino	Precio	Costos
Jalisco	D.F	7	2
Durango	D.F	7	2
Coahuila	D.F	7	2
Chihuahua	D.F	7	2
Guanajuato	D.F	7	2
Veracruz	D.F	7	2

Fuente: Estimación propia

Cuadro 20. Precio de venta de derivados de leche (\$/lt)

Estado	Precio de venta
Jalisco	12
Durango	12
Coahuila	12
Chihuahua	12
Guanajuato	12
Veracruz	12

Fuente: Estimación propia

Cuadro 21. Consumo estimado de las necesidades de leche por estado

Estado	Consumidores (Millones de hbts)	Consumo per cápita (lt/año)	Consumo por estado (litros)
Jalisco	3,594,706	82.49	296,527,298
Durango	859,049	82.49	70,862,952
D.F	5,093,404	82.49	420,154,896
Coahuila	1,304,265	82.49	107,588,820
Chihuahua	1,676,123	82.49	138,263,386
Guanajuato	2,643,941	82.49	218,098,693
Veracruz	4,042,394	82.49	333,457,081
Total	54,694,974	82.49	4,511,788,405

Fuente: Calculados por el autor

Cuadro 22. Volumen de leche enviado a México

Estado	Volumen (Miles de litros)
Jalisco	376,119
Durango	245,633
Coahuila	237,039
Chihuahua	209,496
Guanajuato	181,609
Veracruz	169,856

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Superficie ganadera

Estado	Superficie (has)
Jalisco	3,185,300
Durango	6,538,193
Coahuila	10,589,158
Chihuahua	5,178,695
Guanajuato	1,451,280
Veracruz	3,773,667

Fuente: INEGI, Anuarios estadísticos de los estados, 1995

Cuadro 24. Mano de obra para producir y procesar leche

Estado	Producción	Procesamiento
Jalisco	0.043	0.043
Durango	0.043	0.043
Coahuila	0.043	0.043
Chihuahua	0.043	0.043
Guanajuato	0.043	0.043
Veracruz	0.043	0.043

Fuente: CEA, SAGAR, 1998

Cuadro 25. Relación leche líquida-derivados

Estado	Procesamiento	Derivados	Coefficiente técnico
Jalisco	0.25	0.7	1
Durango	0.25	0.6	1
Coahuila	0.25	0.6	1
Chihuahua	0.25	0.6	1
Guanajuato	0.25	0.6	1
Veracruz	0.25	0.6	1

Fuente: Elaboración propia.

Son los coeficientes técnicos dentro de la matriz del modelo

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan e interpretan los resultados que se obtuvieron mediante el proceso de optimización, atendiendo al objetivo de simular el funcionamiento del sistema de la red de valor de la leche.

7.1. Valor de la función objetivo

No existe otra forma de reasignar los recursos productivos que genere el máximo valor de la función objetivo, por lo cual el valor que se presenta es el resultado del conjunto de actividades de producción que hacen un uso eficiente de los recursos disponibles, esto significa que el ingreso neto máximo que genera la combinación de actividades incluidas en el modelo es de \$2,064,602,000 lo que significa el costo mínimo de producción imputado por el uso de los recursos disponibles, con base en el precio sombra de los mismos.

7.2. Valor de las actividades

En la solución óptima del modelo se incorporan todas las actividades (de producción, procesamiento, venta, costo de transporte, venta de origen-destino, procesamiento de derivados y venta de derivados según origen) para que en conjunto se maximice el ingreso a los productores de leche.

Cuadro 26. Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Jalisco (litros)

Producción	637,060,000
Procesamiento	509,648,000
Venta de leche en Jalisco	296,527,000
Transporte de Jalisco a México	213,121,000
Venta de Jalisco a México	213,121,000
Procesamiento de derivados en Jalisco	127,412,000
Venta de derivados en Jalisco	89,188,4000

Fuente: Solución del modelo

Los resultados obtenidos por el modelo sugiere para el estado de Jalisco producir un volumen similar a 637,060,000 litros de leche, de los cuales un 80% debe dirigirse a la industria de procesamiento; 296,527,000 litros se deben vender mediante diferentes canales de comercialización en la misma entidad; se deben enviar 213,121,000 litros a la ciudad de México; para procesamiento de derivados lácteos se utiliza un volumen de 127,412,000 litros y de dicho procesamiento se deben vender 89,188,400 litros transformados en productos lácteos tales como queso, crema, yogurt, entre otros.

Cuadro 27. Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Durango (litros)

Producción	88,578,690
Procesamiento	70,862,950
Venta de leche en Durango	70,862,950
Transporte de Durango a México	0
Venta de Durango a México	0
Procesamiento de derivados en Durango	17,715,740
Venta de derivados en Durango	10,629,440

Fuente: Solución del modelo

En cuanto a Durango, la solución del modelo sugiere que se deben producir 88,578,690 litros, de este volumen un 80% lo debe utilizar la industria procesadora de leche pasteurizada siendo el equivalente a 70,862,950 litros; en cuanto al punto de venta de este producto es el mismo estado de Durango; de la leche procesada un 25% se debe emplear para procesar derivados, por lo cual un 60% de la leche procesada para derivados se puede vender en Durango como productos transformados (10,629,440 lt.).

Cuadro 28. Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Coahuila (litros)

Producción	226,280,100
Procesamiento	181,024,100
Venta de leche en Coahuila	107,588,800
Transporte de Coahuila a México	73,435,240
Venta de Coahuila a México	73,435,240
Procesamiento de derivados en Coahuila	45,256,020
Venta de derivados en Coahuila	27,153,610

Fuente: Solución del modelo

Para el caso de Coahuila se recomienda producir 226,280,100 litros, de este volumen 181,024,100 se destina al procesamiento de leche líquida el cual representa un 80%; el 20% restante se debe utilizar para el procesamiento de derivados; de la leche procesada un 60% se debe vender en Coahuila siendo el equivalente a 107,588,800 litros y 73,435,240 litros son enviados a la ciudad de México (40%), mientras que 27,153,610 litros se vende como derivados en la misma entidad.

Cuadro 29. Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Chihuahua (litros)

Producción	172,829,200
Procesamiento	138,263,400
Venta de leche en Chihuahua	138,263,400
Transporte de Chihuahua a México	0
Venta de Chihuahua a México	0
Procesamiento de derivados en Chihuahua	34,565,850
Venta de derivados en Chihuahua	20,739,510

Fuente: Solución del modelo

De acuerdo con los resultados del modelo se recomienda que el estado de Chihuahua produzca un volumen similar a 172,829,000 litros de los cuales el 80% es para la industria procesadora, este mismo volumen se sugiere que vaya directo a ventas en la misma entidad; un 20% de la producción se debe transformar en derivados lácteos equivalente a 34,565,850 y 20,739,510 litros se deberán vender en el estado de Chihuahua como productos transformados.

Cuadro 30. Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Guanajuato (litros)

Producción	290,256,000
Procesamiento	232,204,800
Venta de leche en Guanajuato	218,098,700
Transporte de Guanajuato a México	14,106,120
Venta de Guanajuato a México	14,106,120
Procesamiento de derivados en Guanajuato	58,051,200
Venta de derivados en Guanajuato	34,830,720

Fuente: Solución del modelo

De acuerdo con los resultados proporcionados el modelo, este sugiere que Guanajuato deberá producir un volumen cercano a 290,256,000 litros, de los cuales el 80% de la producción deberá destinarse al procesamiento como leche líquida equivalente a 232,204,800 litros y 20% (58,051,200 lts) se debe utilizar para procesar derivados en la misma entidad. La leche destinada a la industria procesadora como leche líquida un 94% (cerca de 218,098,700 litros) se vende en Guanajuato y el restante 6% (14,106,120 litros) se vende y envía a la ciudad de México; en tanto que 34,830,720 litros se pueden vender como derivados de leche en el mismo estado de Guanajuato.

Cuadro 31. Producción, procesamiento, venta y distribución de leche en Veracruz (litros)

Producción	566,187,000
Procesamiento	452,949,600
Venta de leche en Veracruz	333,457,100
Transporte de Veracruz a México	119,492,500
Venta de Veracruz a México	119,492,500
Procesamiento de derivados en Veracruz	113,237,400
Venta de derivados en Veracruz	67,942,440

Fuente: Solución del modelo

El modelo recomienda que Veracruz debe producir 566,187,000 litros de los cuales se procesan como leche líquida 452,949,6000 litros, de este volumen se vende en Veracruz como leche procesada el 73.6% equivalente a 333,457,100 litros destinándose a México un volumen de 119,237,400 litros equivalentes a 26.4%.

Para el procesamiento de derivados lácteos se emplean 113,237,400 litros, vendiéndose como productos elaborados 67,942,440 litros.

Por lo cual los resultados presentados cumplen cabalmente con el objetivo general de simular el comportamiento de la red de valor de la leche bajo la óptica de planeación nacional y también de los objetivos particulares.

7.3. Análisis de los precios sombra

7.3.1 Precios sombra de las actividades

Otra sección de los resultados del modelo corresponde a los precios sombra de las actividades y corresponde a la columna que tiene por nombre “Reduced Cost” en la hoja de salida de resultados del anexo 3. Se observa que todas las actividades que han sido seleccionadas en la solución del modelo tiene un precio sombra igual a cero.

Los precios sombra de las actividades que no entraron en la solución tales como el costo de transporte de Durango a México y el costo de transporte de Chihuahua a México, indican que si se realiza una unidad de estas actividades, el valor máximo de la función objetivo se reducirá en 0.3975 y 1.9850 pesos respectivamente.

7.3.2. Precios sombra de los recursos

El modelo calcula el precio sombra de los recursos, representado por la columna “shadow price”, indica el costo de oportunidad de los recursos en los diferentes estados.

Uno de los usos del precio sombra de los recursos es conocer el recurso más restrictivo; dado que los recursos no se pueden comparar directamente por estar expresados en unidades diferentes, se recurre a su valoración para hacerlos comparables. La valoración de un recurso se obtiene multiplicando el nivel de disponibilidad total del recurso por su respectivo precio sombra; el recurso mas restrictivo será aquel que alcance la mayor valoración. El valor total de las valoraciones de los recursos corresponde al valor de la función objetivo. La imputación del precio sombra a los recursos se realiza en función de la escases o abundancia del recurso. Si un recurso se agota por completo dentro de la solución óptima del modelo entonces se le imputa un valor mayor que cero, que indica que hay limitación en la realización del plan óptimo de actividades, si un recurso no se

agota, se le imputa un valor igual a cero, que indica que es un recurso abundante dentro del modelo.

7.3.3. Holgura de los recursos

La cantidad de recursos que se tiene disponible en el modelo corresponde a los elementos del lado izquierdo y corresponde a la columna que tiene por nombre “Left Hand Side”, la cantidad límite de recursos que se emplea en la solución óptima del modelo corresponde a los miembros del lado derecho de la salida de resultados, el cual está representado por la columna “Right Hand Side”, a si mismo la cantidad de recursos sobrantes en el modelo es la columna “Slack or surplus”, todos ellos están en la salida de resultados del anexo 3.

7.3.4. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es el rango dentro del cual puede cambiar de manera individual los precios de las actividades o los niveles de disponibilidad de los recursos sin que cambie la solución óptima.

7.3.4.1. Análisis de sensibilidad de las actividades

La columna “Allowable Min” indica que todas las variables que entraron en la solución pueden aceptar una disminución en cualquier monto positivo, sin que se tenga efecto alguno en el valor óptimo de la solución objetivo.

Por ejemplo para los costos de transporte de Coahuila a México (X18), solamente soporta un incremento en sus costos de transporte de \$0.36 (20.6%), pasando de \$1.74 a \$2.10 sin que el valor de la función objetivo se vea modificado.

En cuanto a la columna “Allowable Max” indica que todas las variables que entraron en la solución aceptan incrementos sin que se altere el valor de la función objetivo.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- * La estructura del modelo y la interpretación de sus componentes sirven de base para la explicación de estrategias de política agrícola para el desarrollo de la red leche, permitiendo conocer el impacto de las variaciones en los diversos parámetros, a través de la simulación de los escenarios contemplados en el modelo.
- * Debido a las limitaciones de la información, no fue posible elaborar el modelo con datos que expliquen las condiciones reales, por lo cual, los resultados obtenidos deben entenderse no en sus valores absolutos, sino como tendencias que destacan la competitividad en las líneas de producción.
- * Los resultados señalados cumplen cabalmente con los objetivos del modelo, que es hacer una simulación de la red de valor de la leche.
- * Cinco de los seis estados productores de leche Jalisco, Durango, Coahuila, Chihuahua y Guanajuato, del total de su producción un 80% lo destinan para procesar leche líquida y un 20% es para derivados de leche, en tanto que Veracruz utiliza un 73.6 y 26.4% para dichas actividades respectivamente.
- * Durango y Chihuahua deben utilizar toda la producción de leche para sus diferentes actividades, por lo cual no distribuyen volumen alguno a la ciudad de México.

8.2. Recomendaciones

- * El modelo se puede extender, haciéndolo tan específico como se quiera determinar, dependiendo de los objetivos del investigador.
- * Un trabajo más completo se puede hacer complementando el modelo con información de tipo econométrico que pueda dar mejores estimadores.
- * Elaborar un estudio de comercialización de la leche e incluir resultados en un modelo de red de valor.
- * Realizar un análisis de precios y costos del producto así como de sus derivados.
- * En investigaciones posteriores, el modelo se puede ir ajustando mas a la realidad. Aquí solo se establece una premisa metodológica que permita una planeación más objetiva de la red de valor leche.

BIBLIOGRAFÍA

ASERCA.1996. La situación del sector lechero en nuestro país. Claridades agropecuarias 33:40.

ASERCA.2000. Análisis de la ganadería de leche en México. Claridades agropecuarias 77:37.

Consejo Nacional Agropecuario.1999. Abasto del campo a la ciudad, México. 31 pp.

CPAEL. 1986. El valor de la leche y sus derivados: su importancia en la dieta. México. 87 pp.

El Financiero. 1999. Aumentó 4.5% el volumen producido por la industria de la leche en el primer semestre. Septiembre 10. p22.

Economic Research Service, 1998, USDA. 148 pp.

FIRA. Banco de México. 1994. Elementos de análisis de las cadenas productivas, México. 72 pp.

FIRA. Banco de México. 1996. Pastoreo intensivo tecnificado en zonas tropicales. México, 24:60.

FIRA. Banco de México. 1997. Oportunidades de desarrollo de la lechería en México. Sánchez R, G. L Iruegas E y F Floriuk G. México. 29:36.

García H, L.A. M del Carmen V y A Alvarez M. 1997. Los sistemas nacionales lecheros de México, Estados Unidos y Canadá y sus interrelaciones. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. 390 pp.

INEGI, XI Censo de Población y Vivienda de los Estados Unidos Mexicanos, 1995; Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco y Veracruz

LALA, S.A de C.V. 1999. Impacto social y económico de la ganadería lechera en la región lagunera. 6ª. Ed. México. 135 pp.

Maroto A, C. J Ciria C. L Gallego M y A Torres S. 1996. Gestión de la producción ganadera. Modelos, técnicas y aplicaciones informáticas. España. 238 pp.

Martínez B, E., A Álvarez M., L. A García H y M. del Carmen V. 1999. Dinámica del sistema lechero mexicano en el marco regional y global. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México. 412 pp.

Mena M, J.A. 1980. Notas de programación lineal. Universidad Autónoma Chapingo, México. 195 pp.

Muñoz R, M. P Odermatt B y J.R Altamirano C. 1995. Retos y oportunidades del sistema leche ante la apertura comercial. Universidad Autónoma Chapingo, México. 53 pp.

Muñoz R, M. J R Altamirano C y M R Juárez D. 1997. TLC y lácteos ¿funciona el experimento?. Universidad Autónoma Chapingo, México. 18 pp.

Rojas A, A. 1996. Modelo optimo de transporte mediante programación lineal: el caso de la leche de ganado bovino en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. 59 pp.

SAGAR. Centro de estadística agropecuaria. 1999. Boletín mensual de leche . México 6:30.

SAGAR. Centro de estadística agropecuaria. 1998. Boletín mensual de leche . México 6:28.

SAGAR. Centro de estadística agropecuaria. 2000, enero-febrero. Boletín bimestral, 7:21.

Zedillo P, E. 1999. Quinto informe de gobierno. pp.601

Lastra M. 1999. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000, SAGAR. México. Pp.135.

A N E X O S

ANEXO 1. Como trabajar en QSB para Windows

1. Iniciando con QSB para windows

Para iniciar WinQSB se instala el disco rígido en el PCU, para hacerlo se siguen los siguientes pasos: ir a “inicio” dar clic en “ejecutar”, dar clic en “examinar”, pasar al área de “buscar en M (disco compacto)”, ir a la sección de “utilería” dar clic en “WinQSB”, dar clic en “abrir”; de esta manera se instala el programa. Para ratificar que se instaló correctamente, ir a “Inicio” se da un clic en “Programas” en esta area se encuentra WinQSB mostrando diecinueve módulos que a saber son:

1.1. Como introducir un problema

Para introducir un problema seleccionar el módulo de “Linear and Integer Programming” (Programación lineal y entera), el cual contiene el menú “File” y “Help”, a la vez el submenú “File” lo componen tres submenú: New Problem (nuevo problema), Load Problem (cargar el archivo) y Exit (salir); dar clic al submenú “New Problem” mostrando el siguiente recuadro:

LP-ILP Problem Specification			
Number of Variables		Number of Constraints	
Objective Criterion - Maximization - Minimization		Default Variable Type - Nonnegative Continuous - Nonnegative Integer - Binary (0,1) - Unsigned/Unrestricted	
Data Entry Format - Spreadsheet Matriz Form - Normal Model Form			

A continuación se hace el llenado de los espacios en blanco:

- a) Problem title, en el espacio del cuadro derecho se especifica el nombre del problema.
- b) Number of variables, hace énfasis al número de variables que conforma el modelo planteado, siendo en este caso de cuarenta y dos variables.
- c) Number of constraints, indica el número de restricciones que incluye el modelo, para tal efecto son sesenta y una restricciones.
- d) Objective criterion, el investigador define la función objetivo que esta planteando, ya sea si se trata de maximizar o minimizar la función. El criterio a usar en este trabajo es maximizar la función objetivo.

1.2. Solución del problema

Para dar solución al modelo planteado, en la parte superior se encuentran ocho menús, siendo estos: File, Edit, Format, Solve and Analyze, Utilities, Window, WinQSB y Help; a la vez “Solve and Analyze” está integrado por seis submenú que a saber son: solve the problem, solve and display steps, graphic method, change integer tolerance, specify solution quality, specify variable branching priorities.

Para que el problema sea resuelto, dar clic en el submenú “solve the problem”.

1.3. Como grabar el archivo

Una vez alimentado con la información al modelo, se requiere que esta se guarde para evitar que se pierdan datos importantes, para hacer esto ir al menú “file” formado por siete submenú; para almacenar la información dar clic en el submenú “save as”.

1.4. Recuperar un archivo

Para recuperar un archivo previamente grabado, ir al menú “file” integrado por tres submenú: new problem, load problem y exit.

Dar clic en “load problem (cargar el archivo)” y seleccionar el archivo a recuperar.

ANEXO 2. Ecuaciones de las restricciones del modelo

Ecuaciones de las restricciones de Jalisco

$$C1: -1X1 + 1X2 + 1X6 = 0$$

$$C2: -1X2 + 1X3 + 1X4 = 0$$

$$C3: -1X4 + 1X5 = 0$$

$$C4: -0.7X6 + 1X7 = 0$$

$$C5: -0.25X2 + 1X6 \leq 0$$

Durango

$$C6: -1X8 + 1X9 + 1X13 = 0$$

$$C7: -1X9 + 1X10 + 1X11 = 0$$

$$C8: -1X11 + 1X12 = 0$$

$$C9: -0.6X13 + 1X14 = 0$$

$$C10: -0.25X9 + 1X13 \leq 0$$

Coahuila

$$C11: -1X15 + 1X16 + 1X20 = 0$$

$$C12: -1X16 + 1X17 + 1X18 = 0$$

$$C13: -1X18 + 1X19 = 0$$

$$C14: -0.6X20 + 1X21 = 0$$

$$C15: -0.25X16 + 1X20 \leq 0$$

Chihuahua

$$C16: -1X22 + 1X23 + 1X27 = 0$$

$$C17: -1X23 + 1X24 + 1X25 = 0$$

$$C18: -1X25 + 1X26 = 0$$

$$C19: -0.6X27 + 1X28 = 0$$

$$C20: -0.25X23 + 1X27 \leq 0$$

Guanajuato

$$C21: -1X29 + 1X30 + 1X34 = 0$$

$$C22: -1X30 + 1X31 + 1X32 = 0$$

$$C23: -1X32 + 1X33 = 0$$

$$C24: -0.6X34 + 1X35 = 0$$

$$C25: -0.25X30 + 1X34 \leq 0$$

Veracruz

$$C26: -1X36 + 1X37 + 1X41 = 0$$

$$C27: -1X37 + 1X38 + 1X39 = 0$$

$$C28: -1X39 + 1X40 = 0$$

$$C29: -0.6X41 + 1X42 = 0$$

$$C30: -0.25X37 + 1X41 \leq 0$$

Restricciones de disponibilidad

$$C31: 1X3 \leq 296,527,000$$

$$C32: 1X10 \leq 70,862,950$$

C33: $1X17 \leq 107,588,800$

C34: $1X24 \leq 138,263,400$

C35: $1X31 \leq 218,098,700$

C36: $1X38 \leq 333,457,100$

C37: $1X5 + 1X12 + 1X19 + 1X26 + 1X33 + 1X40 \leq 420,154,900$

C38: $1X7 + 1X14 + 1X21 + 1X28 + 1X35 + 1X42 \leq 1,900,000,000$

Restricciones de tierra dedicada a la producción pecuaria

C39: $0.005X1 \leq 3,185,300$

C40: $0.005X8 \leq 6,538,193$

C41: $0.005X15 \leq 10,589,160$

C42: $0.005X22 \leq 5,178,695$

C43: $0.005X29 \leq 1,451,280$

C44: $0.005X36 \leq 3,773,667$

Restricciones de mano de obra

C45: $0.043X1 + 0.043X8 + 0.043X15 + 0.043X22 + 0.043X29 + 0.043X36 \leq 248,538,800$

C46: $0.043X2 + 0.043X9 + 0.043X16 + 0.043X23 + 0.043X30 + 0.043X37 \leq 198,831,000$

Restricciones de producción de leche pasteurizada y derivados

C47: $1X2 + 1X9 + 1X16 + 1X30 + 1X37 \leq 1,950,000,000$

C48: $1X6 + 1X13 + 1X20 + 1X27 + 1X34 + 1X41 \leq 1,900,000,000$

Restricciones de producción de leche

C49: $1X1 \leq 1,253,730,000$

C50: $1X8 \leq 818,776,000$

C51: $1X15 \leq 790,130,000$

C52: $1X22 \leq 698,320,000$

C53: $1X29 \leq 605,364,000$

C54: $1X36 \leq 566,187,000$

C55: $1X1 + 1X8 + 1X15 + 1X22 + 1X29 + 1X36 \leq 4,732,507,000$

Restricciones de envío al D.F.

C56: $1X5 \leq 376,119,000$

C57: $1X12 \leq 245,633,000$

C58: $1X19 \leq 237,039,000$

C59: $1X26 \leq 209,496,000$

C60: $1X33 \leq 181,609,000$

C61: $1X40 \leq 169,856,000$

ANEXO 3. Salida de resultados del modelo

Combined Report for LECHE

Decisión Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
X1	637,060,000	-3.2700	-2,083,186,000	0	Basic
X2	509,648,000	-2.2000	-1,121,226,000	0	Basic
X3	296,527,000	5.8000	1,719,857,000	0	Basic
X4	213,121,000	-1.1500	-245,089,200	0	Basic
X5	213,121,000	7.0000	1,491,847,000	0	Basic
X6	127,412,000	-2.0000	-254,824,000	0	Basic
X7	89,188,400	12.0000	1,070,261,000	0	Basic
X8	88,578,690	-2.8300	-250,677,700	0	Basic
X9	70,862,950	-2.2000	-155,898,500	0	Basic
X10	70,862,950	5.8000	411,005,100	0	Basic
X11	0	-1.8000	0	-0.3975	At bound
X12	0	7.0000	0	0	Basic
X13	17,715,740	-2.0000	-35,431,480	0	Basic
X14	10,629,440	12.0000	127,553,300	0	Basic
X15	226,280,100	-2.5600	-579,276,900	0	Basic
X16	181,024,100	-2.2000	-398,253,000	0	Basic
X17	107,588,800	5.7000	613,256,300	0	Basic
X18	73,435,240	-1.7400	-127,777,300	0	Basic
X19	73,435,240	7.0000	514,046,700	0	Basic
X20	45,256,020	-2.0000	-90,512,030	0	Basic
X21	27,153,610	12.0000	325,843,300	0	Basic
X22	172,829,200	-2.5800	-445,899,500	0	Basic
X23	138,263,400	-3.0000	-414,790,200	0	Basic
X24	138,263,400	5.9000	815,754,000	0	Basic
X25	0	-2.9000	0	-1.9850	at bound
X26	0	7.0000	0	0	Basic
X27	34,565,850	-2.0000	-69,131,700	0	Basic
X28	20,739,510	12.0000	248,874,100	0	Basic
X29	290,256,000	-2.9400	-853,352,600	0	Basic
X30	232,204,800	-2.2000	-510,850,600	0	Basic
X31	218,098,700	5.5000	1,199,543,000	0	Basic
X32	14,106,120	-0.7000	-9,874,282	0	Basic
X33	14,106,120	7.0000	98,742,820	0	Basic
X34	58,051,200	-2.0000	-116,102,400	0	Basic
X35	34,830,720	12.0000	417,968,700	0	Basic
X36	566,187,000	-2.6300	-1,489,072,000	0	Basic
X37	452,949,600	-2.2000	-996,489,200	0	Basic
X38	333,457,100	5.8000	1,934,051	0	Basic
X39	119,492,500	-0.8500	-101,568,600	0	Basic
X40	119,492,500	7.0000	836,447,600	0	Basic

X41	113,237,400	-2.0000	-226,474,800	0	Basic
X42	67,942,440	12.0000	815,309,300	0	Basic
Objective	Funcion	(Max.)	2,064,602,000		

	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
X1	-3.2720	M
X2	-2.2025	1.7100
X3	4.6900	M
X4	-1.1525	-0.0400
X5	6.9975	8.1100
X6	-2.0100	M
X7	11.9857	M
X8	-3.9200	-2.5120
X9	-3.5625	-1.8025
X10	4.4375	M
X11	-M	-1.4025
X12	-M	7.3975
X13	-4.3700	-0.4100
X14	8.0500	14.6500
X15	-2.8480	-2.5580
X16	-2.5600	-2.1975
X17	4.100	M
X18	-2.1000	-1.7375
X19	6.6400	7.0025
X20	-3.4400	-1.9900
X21	9.6000	12.0167
X22	-3.3600	-0.9920
X23	-3.9750	-1.0150
X24	4.9250	M
X25	-M	-0.9150
X26	-M	8.9850
X27	-4.6200	5.9400
X28	7.6333	25.2333
X29	-3.3920	M
X30	-2.7650	0.0600
X31	5.1400	M
X32	-1.2650	-0.3400
X33	6.4350	7.3600
X34	-4.2600	M
X35	8.2333	M
X36	-3.2720	M
X37	-3.0025	0.2100
X38	4.9900	M
X39	-1.6525	-0.0400
X40	6.1975	7.8100

X41	-4.4100	M
X42	7.9833	M

Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
C1	-32.0000	=	0	0	3.2720
C2	16.0000	=	0	0	4.6900
C3	0	=	0	0	5.8400
C4	0	=	0	0	12.0000
C5	0	<=	0	0	3.1280
C6	2.0000	=	0	0	2.8300
C7	0	=	0	0	4.4375
C8	0	=	0	0	5.8400
C9	0	=	0	0	12.0000
C10	0	<=	0	0	2.3700
C11	16.0000	=	0	0	2.5600
C12	-8.0000	=	0	0	4.1000
C13	0	=	0	0	5.8400
C14	0	=	0	0	12.0000
C15	0	<=	0	0	2.6400
C16	-8.0000	=	0	0	2.5800
C17	0	=	0	0	4.9250
C18	0	=	0	0	5.8400
C19	0	=	0	0	12.0000
C20	0	<=	0	0	2.6200
C21	0	=	0	0	3.3920
C22	5.0000	=	0	0	5.1400
C23	0	=	0	0	5.8400
C24	4.0000	=	0	0	12.0000
C25	0	<=	0	0	1.8080
C26	-8.0000	=	0	0	3.2720
C27	8.0000	=	0	0	4.9900
C28	0	=	0	0	5.8400
C29	0	=	0	0	12.0000
C30	0	<=	0	0	1.9280
C31	296,527,000	<=	296,527,000	0	1.1100
C32	70,862,950	<=	70,862,950	0	1.3625
C33	107,588,800	<=	107,588,800	0	1.6000
C34	138,263,400	<=	138,263,400	0	0.9750
C35	218,098,700	<=	218,098,700	0	0.3600
C36	333,457,100	<=	333,457,100	0	0.8100
C37	420,154,900	<=	420,154,900	0	1.1600
C38	250,484,100	<=	1,900,000,000	1,649,516,000.0	0
C39	3,185,300	<=	3,185,300	0	0.4000

C40	442,893,400	<=	6,538,193	6,095,300.0000	0
C41	1,131,400.0000	<=	10,589,160	9,457,758.0000	0
C42	864,146.300	<=	5,178,695	4,314,549.0000	0
C43	1,451,280.0000	<=	1,451,280	0	90.4000
C44	2,830,935.0000	<=	3,773,667	942,732.0000	0
C45	85,191,220.0000	<=	248,538,800	163,347,600.0000	0
C46	68,152,980.0000	<=	198,831,000	130,678,000.0000	0
C47	1,446,689,000.0000	<=	1,950,000,000	503,310,600.0000	0
C48	396,238,200.0000	<=	1,900,000,000	1,503,762,000.0000	0
C49	637,060,000.0000	<=	1,253,730,000	616,670,000.0000	0
C50	88,578,690.0000	<=	818,776,000	730,197,3000.0000	0
C51	226,280,100.0000	<=	790,130,000	563,849,900.0000	0
C52	172,829,200.0000	<=	698,320,000	525,490,800.0000	0
C53	290,256,000.0000	<=	605,364,000	315,108,000.0000	0
C54	566,187,000.0000	<=	566,187,000	0	0.6420
C55	1,981,191,000.0000	<=	4,732,507,000	2,751,316,000.00	0
C56	213,121,000.0000	<=	376,119,000	162,998,000.0000	0
C57	0	<=	245,633,000	245,633,000.0000	0
C58	73,435,240.0000	<=	237,039,000	163,603,800.0000	0
C59	0	<=	209,496,000	209,496,000.0000	0
C60	14,106,120.0000	<=	181,609,000	167,502,900.0000	0
C61	119,492,500.0000	<=	169,856,000	50,363,480.0000	0

Constraint	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
C1	-204,504,700.0000	91,794,050.0000
C2	-163,603,800.0000	73,435,240.0000
C3	-163,603,800.0000	73,435,240.0000
C4	-89,188,400.0000	1,649,516,000.0000
C5	-91,794,050.0000	204,504,700.0000
C6	-730,197,300.0000	88,578,690.0000
C7	-503,310,600.0000	70,862,950.0000
C8	0	73,435,240.0000
C9	-10,629,440.0000	1,649,516,000.0000
C10	-17,715,740.0000	730,197,300.0000
C11	-563,849,900.0000	226,280,100.0000
C12	-451,079,900.0000	181,024,100.0000
C13	-451,079,900.0000	73,435,240.0000
C14	-27,153,610.0000	1,649,516,000.0000
C15	-45,256,020.0000	563,849,900.0000
C16	-525,490,800.0000	172,829,200.0000
C117	-420,392,600.0000	138,263,400.0000
C18	0	73,435,240.0000
C19	-20,739,510.0000	1,649,516,000.0000
C20	-34,565,850.0000	525,490,800.0000
C21	-17,632,650.0000	91,794,050.0000
C22	-14,106,120.0000	73,435,240.0000
C23	-14,106,120.0000	73,435,240.0000
C24	-34,830,720.0000	1,649,516,000.0000
C25	-72,564,000.0000	17,632,650.0000
C26	-149,365,600.0000	62,954,350.0000
C27	-119,492,500.0000	50,363,480.0000
C28	-119,492,500.0000	50,363,480.0000
C29	-67,942,440.0000	1,649,516,000.0000
C30	-62,954,350.0000	149,365,600.0000
C31	223,091,800.0000	460,130,800.0000
C32	0	574,173,500.0000
C33	0	558,668,700.0000
C34	0	558,656,000.0000
C35	144,663,500.0000	232,204,800.0000
C36	283,093,600.0000	452,949,600.0000
C37	346,719,600.0000	583,758,700.0000
C38	250,484,100.0000	M
C39	2,162,777.0000	3,644,270.0000
C40	442,893.5000	M
C41	1,131,400.0000	M
C42	864,146.0000	M
C43	1,363,117.0000	1,910,250.0000
C44	2,830,935.0000	M

C45	85,191,220.0000	M
C46	68,152,980.0000	M
C47	1,446,689,000.0000	M
C48	396,238,200.0000	M
C49	637,060,000.0000	M
C50	88,578,690.0000	M
C51	226,280,100.0000	M
C52	172,829,200.0000	M
C53	290,256,000.0000	M
C54	416,821,400.0000	629,141,400.0000
C55	1,981,191,000.0000	M
C56	213,121,000.0000	M
C57	0	M
C58	73,435,250.0000	M
C59	0	M
C60	14,106,110.0000	M
C61	119,492,500.0000	M

