

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA **CHAPINGO**

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AGRÍCOLA

**PLANEACIÓN REGIONAL: GENERACIÓN DE UN PATRÓN
ÓPTIMO DE CULTIVOS EN EL DDR 125, DURANGO-LAGUNA.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA

CARLOS ENRIQUE AGUILERA NÚÑEZ.

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

**ESPECIALISTA EN
ECONOMÍA AGRÍCOLA**

CHAPINGO MÉXICO, FEBRERO DE 1998



FECHA DE ADQUISICION	
NUM. DE INVENTARIO	0581-7
PROCEDECIA	
NUM. DE CLASIFICACION	7C
PRECIO	805
	1A34
DATE	1996

0.1

PLANEACIÓN REGIONAL:

***OBTENCIÓN DE UN PATRÓN ÓPTIMO DE CULTIVOS EN EL
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL 125, DURANGO-LAGUNA.***



T10581

CID UAAAN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA **CHAPINGO**

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AGRÍCOLA

**PLANEACIÓN REGIONAL: GENERACIÓN DE UN PATRÓN
ÓPTIMO DE CULTIVOS EN EL DDR 125, DURANGO-LAGUNA.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA

CARLOS ENRIQUE AGUILERA NÚÑEZ.

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

**ESPECIALISTA EN
ECONOMÍA AGRÍCOLA**

CHAPINGO MÉXICO, FEBRERO DE 1996



**DIRECCIÓN DE ASESORIA
DEPTO. DE INVESTIGACIONES
Y SERVICIOS PROFESIONALES**



10581

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DE LA M.C. ELIDA TREVIÑO SILLER Y DR. SANTOS MARTÍNEZ TENORIO; APROBADA POR EL H. JURADO EXAMINADOR INDICANDO ENSEGUIDA, SIENDO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRESIDENTE:

Elida E. Treviño Siller

M.C. ELIDA TREVIÑO SILLER

SECRETARIO

Santos Martínez Tenorio
DR. SANTOS MARTÍNEZ TENORIO

VOCAL

Marco A. Castro Montañez
ING. MARCO A. CASTRO MONTAÑEZ

SUPLENTE

Roberto Cruz Briano
ING. ROBERTO CRUZ BRIANO

SUPLENTE

Samuel Rebollar Rebollar
ING. SAMUEL REBOLLAR REBOLLAR

12 DE FEBRERO DE 1996

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Chapingo, en particular al Departamento de Economía Agrícola, por haberme brindado la oportunidad de superarme, al permitir que alcanzara una meta más en mi vida.

A la MC. Elida Treviño Siller, por su inapreciable apoyo y dedicación que ofreció para la realización del presente trabajo.

Para el Dr. Santos Martínez Tenorio, por su valiosa colaboración en este trabajo y el invaluable apoyo que me otorgó durante el transcurso de mi carrera. Así mismo, agradezco al Ing. Marco Antonio Castro Montañez, al Ing. Roberto Cruz Briano y a todas las personas que aceptaron formar parte del jurado, dejando valiosas aportaciones a la presente investigación.

A todos mis maestros por su amistad, enseñanza y colaboración en mi formación como persona y como profesionista.

A todas aquellas personas que de una u otra manera permitieron que adquiriera una preparación a través de sus conocimientos y consejos.

DEDICATORIA

En especial para aquellos seres para los cuales siempre guardaré respeto y veneración.

A los seres que me dieron la vida y de los cuales recibí los valores que sólo se adquieren en el hogar y de los cuales aprendí a luchar por la superación.

A mis padres:

Atanasia y Victor, gracias por su fe y por todo el amor que depositaron en mí.

A mis hermanos:

Olga, Victor, Sandra, Soraida, Blanca y Baldemar, que con coraje y férrea voluntad, siempre nos apoyamos para salir adelante.

A mis amigos y compañeros:

En especial al Ing. Noriega, al Lic. Martínez, a la Lic. de la Torre, al Ing. Rodrigo, a los Ing.(s). David, Pimentel, Eduardo, Lara, Chopin, Adolfo, Delfino, Jesús, Luis, Arturo y a todos aquellos que aunque no los menciono aquí formaron parte importante de mi vida en la Universidad.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 OBJETIVOS	6
1.3 HIPÓTESIS	7
II METODOLOGÍA	8
A) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	8
B) SISTEMATIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	8
III REVISIÓN DE LITERATURA	18
IV CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN LAGUNERA	21
V CARACTERIZACIÓN DE LOS MUNICIPIOS DEL DDR. 125	25
5.1 LERDO	25
5.1.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL	25
5.1.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO	26
5.1.3 MARCO SOCIOECONÓMICO	27
5.2 MAPIMI	28
5.2.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL	28
5.2.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO	29
5.2.3 MARCO SOCIOECONÓMICO	30
5.3 TLAHUALILO	32
5.3.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL	32
5.3.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO	33
5.3.3 MARCO SOCIOECONÓMICO	34
5.4 SAN PEDRO DEL GALLO	34
5.4.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL	34
5.4.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO	35
5.4.3 MARCO SOCIOECONÓMICO	36
5.5 SAN LUIS DEL CORDERO	37
5.5.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL	37

5.5.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO	38
5.5.3 MARCO SOCIOECONÓMICO	39
VI MARCO TEÓRICO	40
6.1 SINTESIS HISTÓRICA DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL	40
6.2 DEFINICIÓN, IMPORTANCIA Y USOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL	40
6.2.1 DEFINICIÓN	40
6.2.2 IMPORTANCIA	41
6.2.3 USOS	41
6.3 COMPONENTES DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	42
6.3.1 FUNCIÓN OBJETIVO	43
6.3.2 CONJUNTO DE RESTRICCIONES	43
6.3.3 COEFICIENTES DE PRODUCCIÓN	44
6.3.4 CONDICIÓN DE NO NEGATIVIDAD	44
6.4 SUPUESTOS DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	45
6.4.1 FUNCIÓN OBJETIVO	45
6.4.2 RESTRICCIONES	45
6.4.3 ADITIVIDAD	45
6.4.4 DIVISIBILIDAD	46
6.4.5 FINITUD	46
6.4.6 CERTIDUMBRE	46
6.4.7 PROPORCIONALIDAD	46
6.4.8 LINEALIDAD	46
6.5 LIMITANTES DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	47
6.6 VENTAJAS DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	48
6.7 ESTRUCTURA MATEMÁTICA DEL MODELO	48
6.8 PRECIO SOMBRA Y COSTOS DE OPORTUNIDAD	49
6.9 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	50
6.10 MÉTODOS DE SOLUCIÓN	50
6.10.1 MÉTODO GRÁFICO	51

6.10.2 MÉTODO SIMPLEX	53
6.10.2.1 PASOS UTILIZADOS PARA EL MÉTODO SIMPLEX	54
6.10.3 MÉTODO DE COMPUTO ELECTRÓNICO	55
VII ESTRUCTURACIÓN DE LOS MODELOS	58
7.1 PRIMER MODELO O MODELO BÁSICO	58
7.1.1 LA FUNCIÓN OBJETIVO	58
7.1.2 EXPLICACIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES Y RESTRICCIONES	59
7.2 SEGUNDO MODELO	62
7.3 TERCER MODELO	63
7.4 CUARTO MODELO O MODELO FINAL	64
VIII PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
8.1 RESULTADOS DEL PRIMER MODELO O MODELO BÁSICO	65
8.1.1 VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO	65
8.1.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS COEFICIENTES DE LAS ACTIVIDADES	67
8.1.3 PARA LOS RECURSOS DISPONIBLES	69
8.2 RESULTADOS DEL MODELO DEFINITIVO O FINAL	70
8.2.1 VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO	70
8.2.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS COEFICIENTES DE LAS ACTIVIDADES	72
8.2.3 PARA LOS RECURSOS DISPONIBLES	74
IX PROGRAMA DE ACTIVIDADES ÓPTIMO PARA LA ZONA DE ESTUDIO Y COMPARACIÓN CON EL PROGRAMA ACTUAL	75
9.1 PROGRAMA PROPUESTO DE ACTIVIDADES	75
9.2 PROGRAMA ACTUAL DE ACTIVIDADES	76
9.3 COMPARACIÓN DEL PROGRAMA ACTUAL Y EL PROGRAMA PROPUESTO	77
X CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITANTES DEL ESTUDIO	79
10.1 CONCLUSIONES	79
10.2 RECOMENDACIONES	80
10.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO	81
XI BIBLIOGRAFÍA	82

I. INTRODUCCIÓN.

Nuestro país se compone de un mosaico de climas, suelo y topografía que constituyen todo un reto para lograr integrar una agricultura con un paquete tecnológico racional, donde se pueda aplicar correcta y oportunamente la tecnología disponible, y, así mismo, que se cumpla con las expectativas de producción y rentabilidad que demanda el sector agropecuario para obtener mayores ingresos, y, como consecuencia, brindar estabilidad social en el país.

Una meta que debería ser prioritaria en los programas de gobierno, para la aplicación de tecnología de punta, es la implementación de un nuevo enfoque que contemple también el conocimiento del ámbito geográfico de cada región, donde suelo, clima y topografía, se combinan en diferentes proporciones para determinar las características y vocación de las áreas agrícolas.

En la actualidad, la producción agrícola requiere de una planeación que permita emplear los recursos disponibles de la mejor manera posible. En la agricultura los recursos son escasos, por lo cual, es fundamental conocer los requerimientos de los cultivos que son sembrados en cada distrito para distribuirlos de manera óptima.

Para establecer lo anterior es necesario hacer uso de los medios adecuados y las herramientas metodológicas que logren incrementar la producción y que reflejen mayores ingresos para los mismos productores; así, se usa y dispone de diseños de Política Agrícola, la cual aborda la producción programada de cultivos atendiendo al uso potencial del suelo que se trate, la demanda interna de productos agrícolas, los costos actuales de producción y el comercio internacional de productos agrícolas.

Una de las herramientas utilizadas dentro de dichas políticas es la Programación Lineal, la cual nos permite determinar un patrón óptimo de cultivos que logre nuevas combinaciones de los recursos disponibles, y un mayor aprovechamiento de los mismos; maximizando el ingreso de los productores.

Este trabajo trata de elaborar un plan de cultivos donde se especifiquen recomendaciones concretas acerca de qué cultivos, y qué superficies de cada uno de ellos debe sembrarse para hacer el mejor uso de los recursos, como son: tierra, capital, mano de obra y maquinaria, logrando así, eficientar el proceso de producción, para obtener lo que se conoce como el Patrón óptimo de cultivos.

Por otra parte, el sector gubernamental debe establecer mecanismos que le permitan estimular la producción agrícola, tomando en cuenta los cultivos que resulten recomendados, para sustituir los que actualmente no son redituables.

La planeación de un nuevo programa de cultivos se justifica, debido a que en la actualidad, el patrón de cultivos se determina de manera empírica, ya que se realiza con base en las experiencias del productor, con lo cual sólo se garantiza en parte una producción y un ingreso; por lo que se hace necesario hacer una planeación de cultivos, utilizando instrumentos técnico-teóricos como la programación lineal, cuyos resultados determinen un mejoramiento considerable en el ingreso de los productores, además, se analizará la conveniencia de adquirir los productos de consumo fuera del Distrito o bien autoproducirlos.

Otra de las ventajas de trabajar con la técnica de la programación lineal, es que se puede demostrar el uso práctico de la misma para resolver problemas de planeación y desarrollo agropecuario, y enseñar el manejo útil que se puede efectuar de la información disponible de los Distritos de Desarrollo Rural del país.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad, la agricultura en México sufre una serie de transformaciones a consecuencia de los grandes cambios en las políticas gubernamentales cuya tendencia no ha logrado hacer más eficiente y competitivo al agro mexicano, ya que las dependencias estatales no han elaborado planes y programas que verdaderamente desarrollen la producción agrícola en las diferentes regiones del país.

Sin embargo, el panorama general que presenta cualquier área agrícola en nuestro país, es que el patrón de cultivos o la composición de la superficie sembrada por cada uno de los cultivos, es resultado de decisiones sin planeación y sin coordinación entre los agentes implicados en el proceso productivo, por lo cual es difícil de establecer un patrón óptimo de cultivos; no obstante, es posible establecer un patrón con mejores resultados, desde el punto de vista de ganancias, ingresos, o de un mejor uso de los recursos.

Sabemos de antemano que la programación y abastecimiento de insumos como semillas, fertilizantes, maquinaria y servicios de asistencia técnica y capacitación, ha sido controlada por el gobierno, para lo cual se requiere un conocimiento previo del patrón de cultivos.

Hasta hoy, los responsables de las unidades o Distritos de

Riego normalmente suponen que el patrón de cultivos de un ciclo agrícola debe de ser similar al del año anterior, lo que regularmente no sucede. Así que a los agentes gubernamentales se les plantea el problema de diseñar el patrón óptimo de cultivos que conviene al área, para posteriormente promoverlo.

Tomando en cuenta que en los Distritos de Desarrollo del país (o el área de estudio determinada, en este caso el DISTRITO DE DESARROLLO RURAL 125 DURANGO-LAGUNA), no se cuenta con una planificación agrícola que oriente a los productores sobre el qué producir y en qué proporción, para obtener un mayor ingreso. Se hace necesaria una investigación que determine patrones óptimos de cultivos que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos, para, de esta forma, contribuir con la política agrícola que se esté llevando a cabo, así como poder fijarse metas tendientes a beneficiar a los productores de la región.

1.2 OBJETIVOS.

GENERAL:

Determinar un Patrón óptimo de cultivos que sea aplicable al Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna; que sea viable desde el punto de vista económico, técnicamente factible de llevarse a la práctica, y ecológicamente sustentable.

PARTICULARES:

a) Optimizar el uso de los recursos con que se cuenta, es decir, que con la misma cantidad de recursos que se utilizan o con menos de algunos de ellos, se obtenga un mayor ingreso que el que se tiene con el patrón actual.

b) Contribuir en la generación de política agrícola para promover el uso del patrón óptimo (por ejemplo la eliminación del subsidio a semillas mejoradas para cultivos que sea recomendable disminuir la superficie sembrada y dirigir el crédito a los cultivos que el patrón óptimo señale conveniente incrementar su superficie, con respecto a la del patrón actual, entre otras recomendaciones).

De manera general, se pretende dar respuesta a nivel de Distrito de Desarrollo Rural (DDR) a preguntas del siguiente carácter: ¿Qué producir?, ¿cómo producir?, ¿para quién producir?; y, sobre todo, cómo orientar la política económica, de tal manera que se maximice el bienestar social de la región.

1.3 HIPÓTESIS.

GENERAL:

En el Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna, tomando en cuenta los recursos naturales, económicos y sociales, se puede implementar un patrón de cultivos con mayores ventajas en relación al actual. Si tomamos en cuenta que, la limitante de mayor importancia en el DDR 125 es el agua, tendremos entonces que el patrón recomendado se integrará por aquellos cultivos que usen menores cantidades de este recurso y presenten un mayor producto marginal.

PARTICULARES:

a) Con menos o la misma cantidad de insumos, se puede incrementar el valor de la producción en la región de estudio.

b) Conviene sembrar menos de algún (os) cultivos (s) y cubrir su deficit comprandolo (s) fuera con el incremento en el ingreso que se genere en el área.

c) La distribución actual de los cultivos en la superficie agrícola de la zona de estudio, no es la adecuada para maximizar el ingreso de los productores.

II. METODOLOGÍA.

La metodología empleada para lograr los objetivos planteados en el presente trabajo, fue la siguiente:

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN:

1) Se realizó una revisión bibliográfica con la finalidad de conocer las investigaciones existentes sobre modelos de optimización de patrones de cultivos, también para establecer la caracterización de la región y conformar el marco teórico.

2) Se consultaron los coeficientes técnicos del Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna en la Matriz de Política Agrícola (MAP) para La Laguna, así como el banco de datos del Sistema Nacional de Información de Mercado (SNIM), y, por último, se obtuvo información de la Delegación Regional de la SAGAR ubicada en Torreón, Coahuila.

2.2 SISTEMATIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:

1) Se sistematizó la información obtenida en la revisión bibliográfica, de acuerdo a su contenido, procurando identificar con claridad qué trabajos existen en relación a la presente investigación, y para obtener una caracterización coherente de la Región Lagunera y los municipios que integran el DDR 125. Como

último punto, se esbozan los antecedentes y aspectos teóricos de la optimización de un patrón de cultivos, a través del uso de la Programación Lineal.

2) Para identificar los componentes y estructurar el modelo que se optimizará, se aplicaron los antecedentes y aspectos teóricos de la optimización de patrones de cultivos por medio de la Programación Lineal, teniendo como resultado que el modelo se compone de:

a) COEFICIENTES TÉCNICOS.

Que se componen por la cantidad de recursos disponibles, rendimientos por hectárea y valor de la producción.

Los datos anteriores, en conjunto, nos determinarán la máxima ganancia y empleo óptimo de los recursos.

Para realizar la presente investigación, se procedió a recabar la información del patrón actual, referente a: relaciones de cultivos, superficie sembrada actual, cantidad de fertilizantes, fungicidas, insecticidas, semillas o plantas, labores manuales y mecanizadas, uso de agua, electricidad, tractor e implementos, trilladora o equivalente, equipo de bombeo, estacionalidad de los cultivos, rendimiento por hectárea, precio por tonelada y valor de la producción.

Dicha información fue vertida por la SAGDER, en el DDR 125 Durango-Laguna, del Mamotreto de la Comarca Lagunera y del Sistema Nacional de Información de Mercados.

b) ACTIVIDADES.

Representan los cultivos que existen en la región de estudio y para el caso en específico se tienen 15, los cuales se enlistan a continuación.

ACTIVIDAD:

X1	A. Maíz Grano	Tecnología	GMF. ¹
X2	A. Maíz Grano	Tecnología	BMF. ²
X3	A. Maíz Grano	Tecnología	TMS. ³
X4	A. Frijol	Tecnología	TMS.
X5	A. Trigo	Tecnología	BMF.
X6	A. Sorgo Grano	Tecnología	GMF.
X7	A. Sorgo Grano	Tecnología	BMF.
X8	A. Alfalfa	Tecnología	BMFE. ⁴
X9	A. Alfalfa	Tecnología	BMF1. ⁵
X10	A. Alfalfa	Tecnología	BMF2. ⁶
X11	A. Zacate B.	Tecnología	BMF.
X12	A. Avena F.	Tecnología	BMF.
X13	A. Cártamo	Tecnología	BMF.
X14	A. Melón	Tecnología	BMF1.
X15	A. Melón	Tecnología	BMF2.

1/GMF	=	Gravedad	Mejorado	Fertilizado.
2/BMF	=	Bombeo	Mejorado	Fertilizado.
3/TMS	=	Temporal	Mejorado	Sin Fertilizar.
4/BMFE	=	Bombeo	Mejorado	Fertilizado
5/BMF1	=	Bombeo	Mejorado	Fertilizado
6/BMF2	=	Bombeo	Mejorado	Fertilizado

c) FUNCIÓN OBJETIVO.

Para su elaboración, se tomó como coeficiente de las variables (X_1 , X_2 , . . . , X_{15}) el ingreso total de cada una de las actividades. El ingreso se obtiene de la multiplicación del rendimiento por su precio medio rural, tomando como unidad básica la hectárea (cuadro 2 del anexo).

$$\text{Max. } X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + \\ X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15}$$

d) RESTRICCIONES.

PRIMERA RESTRICCIÓN.

Se tomó la cantidad de kilogramos de fertilizante por hectárea para cada actividad, y se igualó a la cantidad total de kilogramos por hectárea usados en todo el Distrito.

SEGUNDA RESTRICCIÓN.

Se tomó la cantidad de kilogramos o litros de fungicidas empleados por hectárea para cada actividad y se igualó a la cantidad total utilizados en todo el Distrito.

TERCERA RESTRICCIÓN.

Para esta restricción se utilizó la cantidad total de kilogramos o litros por hectárea de insecticidas que se emplea en cada actividad y se igualó con la cantidad de kilogramos o litros usados en todo el Distrito.

CUARTA RESTRICCIÓN.

Para esta restricción se igualó la cantidad en kilogramos de semilla o planta por hectárea utilizados en cada actividad con la cantidad de kilogramos o plantas empleados en todo el Distrito.

QUINTA RESTRICCIÓN.

Se tomo la cantidad de jornales empleados por hectárea para cada actividad, y se igualó a la cantidad total de jornales empleados en todo el Distrito.

SEXTA RESTRICCIÓN.

Se recurrió a igualar la cantidad total de horas-jornal por hectárea empleados en cada actividad con la cantidad total de horas-jornales por hectárea utilizadas en el patrón de cultivos de todo el Distrito.

SÉPTIMA RESTRICCIÓN.

Para obtener esta restricción se utilizó la cantidad de mmä de agua que se gastan por hectárea para cada uno de los cultivos, y se igualó a la cantidad total de mmä de agua empleada en la región de estudio con el patrón actual.

OCTAVA RESTRICCIÓN.

Se tomó la cantidad de kwatt por hectárea empleados en cada actividad, y se igualó a la cantidad total de kwatt usados en la región de estudio.

NOVENA RESTRICCIÓN.

Para esta restricción se dio por sentado que cada cultivo del patrón actual, por lo menos ocupa una hectárea, y en función de esto igualamos a la cantidad total de hectáreas empleadas en todo el Distrito.

DÉCIMA RESTRICCIÓN.

Se empleó la cantidad de horas-máquina utilizadas por hectárea en cada una de las actividades, y se igualó al total de horas-máquina usadas en el Distrito.

ONCEAVA RESTRICCIÓN.

Se igualó la cantidad de horas-máquina trilladora por hectárea usadas en cada proceso productivo de las diferentes actividades, y se procedió a igualar con la cantidad total de horas-máquina trilladora empleadas en todo el Distrito.

DOCEAVA RESTRICCIÓN.

Se igualó la cantidad de horas-equipo de bombeo por hectárea empleadas en cada actividad con la cantidad de horas-equipo de bombeo usadas en todo el Distrito.

TRECEAVA HASTA LA VEITICOATREAVA RESTRICCIÓN.

Se compone del ciclo productivo a lo largo del año, es decir, son los meses que ocupan las actividades para llevar a cabo su proceso fisiológico.

VEINTICINCOAVA RESTRICCIÓN.

Se recurrió a igualar la cantidad total de capital empleado en cada actividad con la cantidad total de capital empleado en todo el Distrito.

e) CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.

Con la información proporcionada se procedió a plantear el modelo, con base en los coeficientes técnicos de cada una de las

actividades empleadas, y la disponibilidad de los recursos en su producción, tratando siempre de especificar:

1) La función objetivo que se pretende optimizar.

2) El conjunto de restricciones o recursos disponibles a emplear en la producción de cada actividad, sin exceder el límite disponible de dichos recursos.

LA FUNCIÓN OBJETIVO:

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z = & 1900.0 \quad x_1 + 2090.0 \quad x_2 + 1100.0 \quad x_3 + 960.0 \quad x_4 + 2610.0 \quad x_5 + \\ & 1680.0 \quad x_6 + 1848.0 \quad x_7 + 1300.0 \quad x_8 + 1462.5 \quad x_9 + 1300.0x_{10} + \\ & 2100.0x_{11} + 1485.0x_{12} + 1200.0x_{13} + 9000.0x_{14} + 9000.0x_{15} \end{aligned}$$

RESTRICCIONES:

$$\begin{aligned} \text{R1. } & 953 \quad x_1 + 963 \quad x_2 + 0 \quad x_3 + 0 \quad x_4 + 430 \quad x_5 + 348 \quad x_6 + 348 \quad x_7 + 478 \quad x_8 + 0 \quad x_9 + \\ & 0x_{10} + 406x_{11} + 672x_{12} + 300x_{13} + 633x_{14} + 633x_{15} \leq 45213826.0 \\ \text{R2. } & 0 \quad x_1 + 0 \quad x_2 + 0 \quad x_3 + 0 \quad x_4 + 0 \quad x_5 + 0 \quad x_6 + 0 \quad x_7 + 0 \quad x_7 + 0 \quad x_8 + 0 \quad x_9 + 0x_{10} + \\ & 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 8x_{14} + 8x_{15} \leq 11700 \\ \text{R3. } & 13.0 \quad x_1 + 13.0 \quad x_2 + 0.0 \quad x_3 + 0.0 \quad x_4 + 1.0 \quad x_5 + 13.0x_6 + 13.0 \quad x_7 + 1.0 \quad x_8 + \\ & 1.0 \quad x_9 + 1.0x_{10} + 1.0x_{11} + 0.0x_{12} + 0.0x_{13} + 4.8x_{14} + 4.8x_{15} \leq 39625.4 \\ \text{R4. } & 20 \quad x_1 + 20 \quad x_2 + 15 \quad x_3 + 12 \quad x_4 + 180 \quad x_5 + 14 \quad x_6 + 14 \quad x_7 + 40 \quad x_8 + 0 \quad x_9 + \\ & 0x_{10} + 35x_{11} + 100x_{12} + 15x_{13} + .46x_{14} + .46x_{15} \leq 583258 \\ \text{R5. } & 16.61 \quad x_1 + 9.61 \quad x_2 + 10.00 \quad x_3 + 15.20 \quad x_4 + 9.41 \quad x_5 + 10.41 \quad x_6 + 9.91 \quad x_7 + \\ & 28.08 \quad x_8 + 31.75 \quad x_9 + 30.50x_{10} + 13.23x_{11} + 6.83x_{12} + 10.61x_{13} + 80.48x_{14} + \\ & 80.48x_{15} \leq 451965 \\ \text{R6. } & 14.91 \quad x_1 + 13.51 \quad x_2 + 7.45 \quad x_3 + 3.30 \quad x_4 + 11.26 \quad x_5 + 13.76 \quad x_6 + 13.76 \quad x_7 + \\ & 45.59 \quad x_8 + 44.33 \quad x_9 + 4.30x_{10} + 17.33x_{11} + 15.50x_{12} + 10.55x_{13} + 15.93x_{14} + \\ & 17.23x_{15} \leq 438741 \\ \text{R7. } & 8.5 \quad x_1 + 8.5 \quad x_2 + 0.0 \quad x_3 + 0.0 \quad x_4 + 8.5 \quad x_5 + 7.0 \quad x_6 + 7.0 \quad x_7 + 20.0 \quad x_8 + \\ & 20.0 \quad x_9 + 20.0x_{10} + 7.4x_{11} + 7.3x_{12} + 5.0x_{13} + 5.8x_{14} + 5.8x_{15} \leq 188219 \\ \text{R8. } & 0 \quad x_1 + 13792 \quad x_2 + 0 \quad x_3 + 0 \quad x_4 + 13792 \quad x_5 + 0 \quad x_6 + 11358 \quad x_7 + 32452 \quad x_8 + \\ & 32452 \quad x_9 + 32452x_{10} + 12007x_{11} + 11845x_{12} + 8113x_{13} + 9441 \quad x_{14} + 9441x_{15} \leq \\ & 30000000 \end{aligned}$$

- R9. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 1 X4 + 1 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R10. $11.76 X1 + 10.51 X2 + 7.10 X3 + 3.30 X4 + 9.55 X5 + 13.05 X6 + 13.05 X7 + 45.59 X8 + 44.33 X9 + 40.30X10 + 17.33X11 + 15.50X12 + 10.55X13 + 15.93X14 + 17.23X15 \leq 430260$
- R11. $0.71 X1 + 0.71 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 0.71 X5 + 0.71 X6 + 0.71 X7 + 0 X8 + 0 X9 + 0 X10 + 0 X11 + 0X12 + 0X13 + 0X14 + 0 X15 \leq 2444.53$
- R12. $0 X1 + 102.2 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 102.2 X5 + 0 X6 + 84.2 X7 + 240.5 X8 + 240.5 X9 + 240.5X10 + 89.0X11 + 87.8X12 + 60.1X13 + 69.7X14 + 69.7X15 \leq 2199032$
- R13. $0 X1 + 0 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 1 X5 + 0 X6 + 0 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 0X14 + 0X15 \leq 20430$
- R14. $0 X1 + 0 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 1 X5 + 0 X6 + 0 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 0X14 + 0X15 \leq 20430$
- R15. $0 X1 + 0 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 1 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R16. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 0 X4 + 1 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R17. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 0 X4 + 1 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R18. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 1 X4 + 0 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 0X12 + 1X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R19. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 1 X4 + 0 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 0X12 + 1X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R20. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 1 X4 + 0 X5 + 1 X6 + 1 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 0X12 + 0X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R21. $1 X1 + 1 X2 + 1 X3 + 1 X4 + 0 X5 + 0 X6 + 0 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 0X12 + 0X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R22. $0 X1 + 0 X2 + 0 X3 + 1 X4 + 0 X5 + 0 X6 + 0 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 0X12 + 0X13 + 1X14 + 1X15 \leq 20430$
- R23. $0 X1 + 0 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 0 X5 + 0 X6 + 0 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 0X12 + 0X13 + 0X14 + 0X15 \leq 20430$
- R24. $0 X1 + 0 X2 + 0 X3 + 0 X4 + 1 X5 + 0 X6 + 0 X7 + 1 X8 + 1 X9 + 1X10 + 1X11 + 1X12 + 1X13 + 0X14 + 0X15 \leq 20430$
- R25. $1438.91 X1 + 1975.47 X2 + 907.50 X3 + 1070.71 X4 + 1903.30 X5 + 1481.20 X6 + 2054.47 X7 + 1850.71 X8 + 1457.30 X9 + 1457.30X10 + 1019.80X11 + 704.00X12 + 456.60X13 + 1908.14X14 + 1908.14X15 \leq 29000000$

3) Capturar y correr el modelo inicial o básico, utilizando el paquete computacional QSB.

4) Agregar restricciones de mercado de los productos hasta obtener el modelo más viable, tanto económica como técnicamente. Esto se hará para aquellos casos en que el modelo recomiende incrementar la superficie de un cultivo más allá del 200% de lo que el patrón histórico recomienda, pues si se rebasa este límite, se presentará un exceso de oferta y por lo tanto una disminución en el precio del producto.

5) Presentación y análisis de los resultados que arroja el modelo básico y el definitivo con base en la solución del problema, la maximización de la función objetivo, la utilización de los recursos, los costos de oportunidad o precio sombra de las actividades y el análisis de sensibilidad, tanto de los coeficientes como de los recursos disponibles.

6) Comparación del programa de actividades propuesto con el que se tiene actualmente, para así observar las diferencias que existen entre los dos.

7) Elaboración de conclusiones y recomendaciones. En este punto se verificará si las hipótesis planteadas son correctas o no, así mismo, se verterán propuestas encaminadas a mejorar el ingreso de los productores, e inclusive, orientadas a el mejoramiento del

presente estudio.

8) Señalar las limitantes del estudio. Es muy importante resaltar las dificultades que se presenten en el desarrollo de la investigación para poder comprender las deficiencias que éste pudiera presentar, y para que, trabajos posteriores relacionados al tema, puedan ser mejorados.

III. ANTECEDENTES DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.

Se citarán algunos trabajos que se han realizado empleando como instrumento de planeación la Programación Lineal, la cual se utiliza como un método de asignación de recursos y actividades entre varias alternativas, destacándose los criterios que se consideran más relevantes y que permiten obtener soluciones óptimas y factibles de realizarse.

Barrera (1969) utilizó la Programación Lineal para encontrar un patrón óptimo de cultivos que maximizara el ingreso neto de la Comarca Lagunera, teniendo como restricción fundamental el recurso agua, su resultado fue una ligera diversificación de los cultivos existentes.

Basscos (1970) usó la misma técnica para estudiar tres zonas de regadío dentro del estado de Quintana Roo, cuyo objetivo fundamental fue obtener la combinación más adecuada de cultivos en distintos tamaños de parcela familiar, teniendo como restricción la disponibilidad de tierra, mano de obra familiar, fuerza de tracción animal o mecánica y agua de riego. Concluyó que el tamaño de la parcela afecta a la combinación óptima de cultivos, el ingreso del ejidatario y la mano de obra.

Chávez (1975) realizó un estudio en Nayarit para determinar el patrón óptimo de cultivos desde un punto de vista estocástico, utilizó para ello las variables aleatorias precio de los productos agrícolas en el tiempo y en el mismo ciclo, eliminando, con este criterio del patrón de cultivos, aquellas actividades que presentarón mayor varianza. Encontró que el patrón óptimo tiende a diversificarse, ya que los recursos que utilizan las actividades que serán excluidas serán cambiados a otras con varianzas menores.

Silva y Chalita (1977) realizaron un estudio en el Distrito de Riego de Zamora, Michoacán, para obtener el patrón óptimo de cultivos mediante el uso de la Programación Lineal, con el fin de desarrollar un programa agrícola en el que se hiciera un uso eficiente de los recursos. Los resultados mostraron que se tenía un mal uso de los recursos, por lo cual, se plantearon nuevas alternativas de empleo.

García (1985) empleó la Programación Lineal en un estudio realizado en el Distrito de Riego # 103 de "Río Florido" para obtener el patrón óptimo de cultivos que maximizara los ingresos netos de la zona, atendiendo la disponibilidad de recursos existentes. Recomendó introducir nuevas actividades para emplear los recursos agua y tierra que son abundantes en el Distrito.

Rivas y Rodríguez (1986) usaron la Programación Lineal para determinar un patrón óptimo de cultivos que maximizara el ingreso neto de los productores, concluyendo que se debería otorgar el crédito cuando las necesidades del productor así lo requieran, y resultó la producción de alfalfa como la más redituable.

Méndez (1987) usó la Programación Lineal para generar un patrón óptimo de cultivos en la Unidad de Riego "Valle de Banderas", Nayarit, tomando como restricciones la tierra, la mano de obra, la fuerza de tracción animal y la mecánica, así como el agua de riego, con lo que elaboró un modelo que reflejó soluciones viables a los problemas de la Unidad.

Pulido (1990) se basó en modelos de Programación Lineal para obtener un patrón óptimo de cultivos en el municipio de Papalotla, Estado de México, que generó el máximo ingreso neto de los productores.

Vásquez (1994) utilizó la Programación Lineal para generar un patrón óptimo de cultivos en el Distrito de Desarrollo Rural 002 "Compostela", Nayarit, que permitiera a los productores un mayor ingreso, obteniendo como resultado una mejor distribución de los recursos escasos para la producción, maximizando con ello el ingreso.

IV. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN LAGUNERA.

La región lagunera es una de las principales zonas agrícolas del país. Se localiza en el Altiplano septentrional, entre los paralelos 24° 22' y 26° 23' de latitud norte, y entre los meridianos 102° y 104° 47' de longitud oeste, con una altura media de 1139 msnm. Según García su clima se clasifica como desértico, caliente, con temperatura media anual superior a 18°C (Bwh).

La temperatura promedio durante los últimos diez años indica: 30.39°C para la máxima, una media promedio de 20.14°C y una mínima de 10.29 °C. El período de heladas para los últimos cuatro años se ha registrado del 10 de noviembre al 27 de marzo. En los últimos 40 años se indica una precipitación media anual de 241.4 mm. También se presentan granizadas en los meses de abril a junio.

De acuerdo a la estructura de la SAGDER, esta región comprende los municipios de Torreón, Matamoros, San Pedro, Francisco I. Madero y Viesca, en el estado de Coahuila; así como los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Pedro del Gallo, San Luis del Cordero, Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe. En conjunto representan una extensión territorial de 4,637 kilómetros cuadrados.

Cuenta con el río Nazas, cuyas aguas son captadas y controladas mediante las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, además de la existencia de otras presas como lo son: la F. González de la Vega, la Benjamín Ortega Cantero, Los Naranjos y la 5 de

Mayo.

El suministro de agua para fines agrícolas se complementa con 2,496 pozos en operación, con lo que se riega una superficie de 65,000 ha.

De acuerdo a su formación, los suelos de la región se pueden dividir en tres grupos:

a) Suelos aluviales recientes; de perfil ligero, cuyas texturas varían de migajón arenoso a arenas. Presentes en una superficie aproximada de 75,000 ha, estos suelos corresponden a las clases de 1ª, 2ª y 3ª.

b) Suelos correspondientes a últimas deposiciones, arcillosos en su mayor parte y con mal drenaje. Cubren una superficie aproximada de 100,000 ha.

c) Suelos de características intermedias a los citados anteriormente; es decir, que su perfil es variable entre arcilloso y migajón arenoso, abarcan una superficie de 192,000 ha. Estos suelos ocupan la parte central del área cultivada, y por sus características fisicoquímicas, son propicios para cultivos más importantes. Son ricos en fósforo, potasio, magnesio y calcio, pero pobres en nitrógeno. La materia orgánica se encuentra en bajas proporciones, sobre todo en los terrenos cultivados. Están considerados de primera clase para fines de riego.

Si bien la región cuenta con una extensión montañosa, en

general, la topografía del terreno es plana y de pendientes suaves, que varían de 0.2 a 1.0 metros por kilometro, con pendiente hacia el norte y noreste. Es aquí donde se encuentran las áreas agrícolas y las áreas urbanas.

La zona cuenta con un tipo de vegetación compuesta por arbustos que no pasan de cuatro metros de altura y cuya ramificación comienza cerca de la superficie del suelo desde la base del tallo.

En lo que respecta a la fauna, se encuentran coyotes, liebres y conejos, principalmente.

Con relación a la tenencia de la tierra es privada y ejidal

En el valor total de la producción agrícola, pecuaria y forestal, registrado en la región Lagunera durante el año de 1994, la actividad pecuaria aportó el 74.78% del total, mientras que la actividad agrícola el 25.15%. La silvicultura, representada por especies no maderables sujetas a explotación en su hábitat natural, solo cubrió el 0.08%.

Los cultivos que se consideran de importancia en la Laguna, tomando en cuenta la ecología, aspectos agronómicos, económicos y sociales, así como los requerimientos de las especies, son:

1) Cultivos Básicos: maíz, frijol y trigo.

2) Cultivos Estratégicos de Abasto Nacional:

a) Forrajes: avena, alfalfa, maíz, sorgo, trébol alejandrino, zacate ballico anual, zacate sudan y mijo.

b) Hortalizas: tomate, chile, melón, sandía.

c) vid.

d) nogal.

e) Cultivos Industriales:

e.1) algodón, cártamo y sorgo grano.

La Región Lagunera se divide en tres Distritos de Desarrollo Rural (DDR), el 127 Laguna-Coahuila, el 126 Coahuila-Durango, y el 125 Durango-Laguna, este último, en particular, es el que se abordará en el presente estudio, por lo cual se profundizará en su caracterización en específico.

El DDR 125 Durango-Laguna está integrado por 5 municipios: Lerdo, Mapimí, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo y Tlahualilo.

V. CARACTERIZACIÓN DE LOS MUNICIPIOS DEL DDR 125.

5.1 LERDO

5.1.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL.

Lerdo es un nuevo municipio que resultó de la fuerza expansiva de la entidad en el último cuarto del siglo XIX, dentro del partido de Mapimí. Su fundación en la proximidad de San Juan de la Casta (León Guzmán), obedeció a una estrategia perfectamente delineada, pues pronto absorbió al antiguo poblado que dejaran, en el mapa de la Colonia, las primeras misiones jesuitas.

Su fertilidad atrajo la atención de Juan Ignacio Jiménez, quien al lado de Leonardo Zuloaga, supo aprovechar las aguas del río Nazas en su proyecto agrícola, Jiménez construyó la presa, utilizó la aguas del Nazas para cultivar algodón, destinado a la producción de la industria textil.

Se estableció entonces un corredor comercial entre Durango, Peñón Blanco y Lerdo, esto es, entre la casa del hacendado, su fábrica y los campos algodonereros, lo que mantuvo la expectación de mucha gente, que empezó a llegar a la región, viendo en esta actividad una fuente de riqueza. Con los años, la zona adquirió la categoría de villa, pues desde 1827 se conocía como hacienda de San Fernando de Avilés.

En 1882 fue tendida la línea de ferrocarril Central y posteriormente el Internacional, lo que ocasionó que el comercio de Lerdo disminuyera en forma drástica, debido a que esta actividad se concentró en las estaciones instaladas al otro lado del Nazas, conocido como el Torreón por la construcción del puesto de vigilancia que se levantaba en esa zona.

Otra medida que trajo lamentables resultados para el desarrollo de Lerdo, fue la dotación de ejidos en la parte urbana, la población empezó a trasladarse hacia Gómez Palacio y no fue sino hasta la década de los 70'S que se volvió a iniciar el crecimiento y desarrollo con que surgió Lerdo cien años atrás.

5.1.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO.

Localización.

El municipio de Lerdo se localiza en la región oriente del estado de Durango en las coordenadas 25° 32' 46" de latitud norte y 103° 31' 19" de longitud oeste, a una altitud de 1,140 msnm. Limita al norte con el municipio de Mapimí; al noroeste con Gómez Palacio; al oriente con el estado de Coahuila; al sur con el municipio de Cuencamé y al poniente con los de Nazas y San Pedro del Gallo. Se divide en 115 localidades, de las cuales las más importantes son : Lerdo, 21 de Marzo, Villa Juárez, Nazareno y San Jacinto.

Hidrografía.

El río Nazas es el principal recurso hidrológico del

municipio, ya que a lo largo de su curso riega grandes extensiones de tierra de cultivo que hacen posible su gran producción agrícola y frutícula, además del creciente número de pozos profundos que ayudan a elevar el nivel de productividad de las tierras cultivables.

Clima.

El clima predominante es del tipo muy seco o estepario, aunque en sus partes altas se encuentran otros menos cálidos y más húmedos. La temperatura media anual es de 20°C y la precipitación media anual de 253mm, con régimen de lluvias en los meses de junio, julio y agosto.

Temperaturas extremas: mínima de 10°C y máxima de 41°C; días promedio de granizo 1.40 por año; primeras heladas en septiembre, y últimas en abril; promedio de heladas por año 22.3.

Orografía.

La parte occidental del municipio es montañosa y notable por su orografía, ya que cuenta con anticlinales, levantándose en aspeia, clesteria y sinclinales desarrollados en valles longitudinales de fondo plano, que en algunos lugares se estrechan formando cañones acantilados, como el cañón de Fernández cuyo fondo sirve de cause al río Nazas, además se encuentra el cañón de Huanchi y del Borrego; por el norte se localiza la Sierra del Rosario.

5.1.3 MARCO SOCIOECONÓMICO.

Población.

La población del municipio asciende a 94,324 habitantes, cifra

que representa el 7% de la población estatal. La tasa media anual de crecimiento fue de 2.8% para la década de 1980-1990. La densidad de población es de 34.25 habitantes por km², presentándose la mayor concentración de población en la cabecera municipal.

Población Económicamente Activa.

La población económicamente activa (PEA) del municipio de Lerdo está formada por un total de 27,551 personas, que representan el 31.5% de la población total del municipio en edad de trabajar; dedicándose a las actividades agrícolas, ganaderas y de explotación industrial.

5.2 MAPIMÍ.

5.2.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL.

Mapimí es un municipio que siempre ha estado presente en los momentos históricos del país. Enclavado en una región semiárida, da su nombre a la zona desértica más amplia del país, el Bolsón de Mapimí. En la descripción del Barón de Humboldt aparece como si España no hubiera reclamado su pertenencia, esto es, una "isla" en medio de la Nueva Vizcaya.

Mapimí fue fundado el 25 de julio de 1598, tomando el nombre de Santiago de Mapimí.

El municipio, en sus inicios, tuvo mucha inestabilidad debido

a las constantes sublevaciones de los Tarahumaras, como consecuencia de ello, el desarrollo de la población fue escaso aun cuando revestía cierta importancia para la Nueva Vizcaya.

La explotación minera se practicó durante todo el período colonial, pero no fue sino hasta después de la independencia que los habitantes locales pudieron obtener algún beneficio de ello, a finales del siglo XIX se estableció la empresa Peñoles, alcanzando una considerable producción de oro, plata y cobre. Pero con el tiempo la actividad minera decayó, y en la actualidad solo existen industrias que explotan los recursos marmóreos de la región, con lo cual se mantiene cierta importancia económica.

5.2.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO.

Localización.

El municipio de Mapimí se localiza al extremo norte del estado de Durango, a los 26° 14' 60" latitud norte y 104° 29' 14" longitud de oeste, a una altura de 1,480 msnm. Limita al norte con el estado de Chihuahua, al oriente con el municipio de Tlahualilo; por el sur con los municipios de Gómez Palacio, Lerdo y San Pedro del Gallo, y hacia el poniente con el municipio de Hidalgo.

Cuenta con una superficie total de 7,583 km², se divide en 241 localidades, entre las cuales las más importantes son: Ceballos, Santa Librada, San Felipe, El Refugio, Jaralito, Yermo, La Merced y Bermejillo.

Hidrografía.

Tienen cause definido algunos arroyos, entre los que se cuentan dos importantes: el de Cerro Gordo y el de la Cadena, que unidos van a verter sus aguas, cuando las lluvias lo hacen posible, a la laguna salinera de Palomas en el estado de Chihuahua. El río más importante que atraviesa el municipio es el de la Cadena, juntando su vertiente con el del Yermo y Cerro Gordo.

Clima.

En la mayor parte del municipio predomina un clima semicálido, seco y semiseco, influyendo grandemente para ello el Bolsón de mapimí, la gran parte desértica que predomina en el municipio, presenta una temperatura máxima 41°C y una mínima de 9°C.

Los vientos dominantes en esta región son densos y calientes. La temperatura media es de 18°C y la precipitación pluvial media anual es de 263.1mm.

El régimen de lluvias comprende los meses de julio a septiembre, con heladas en enero.

Orografía.

El plano inclinado está en su descenso por la Sierra de Pelayo, de la Muerte y de la Cadena. Ya en el Bolsón, y limitando la llanura por el oeste, se alza la Sierra de Mapimí, llamada también del Sarnoso, que en su parte norte da lugar a la formación conocida como el Cerro de la Bufa.

5.2.3 MARCO SOCIOECONÓMICO.

Población.

La población total del municipio asciende a 25 124 habitantes,

cifra que representa el 2% de la población total del estado; la tasa media anual de crecimiento es de 2.5%.

La densidad de población es de 3.1 habitantes por km²; la mayor concentración de la población se encuentra en las localidades de Bermejillo, Mapimí, Veintidos de Febrero, Martha, José María Morelos, La Lucha y Guadalupe Victoria. El porcentaje mayor de los habitantes corresponde a las áreas urbanas.

Población Económicamente Activa.

La PEA del municipio está formada por un total de 6,260 personas, cifra que representa el 28% del total del municipio en edad de trabajar.

Actividades Económicas.

Se desarrollan básicamente, las actividades agrícola, pecuaria, industrial y explotación minera.

El municipio cuenta con variedad de centros comerciales de acuerdo a las necesidades de los habitantes, en los que se encuentran productos de primera y segunda necesidad.

En lo que se refiere a los servicios, se cuenta con una gran variedad, y están enfocados a satisfacer las principales demandas de la población.

5.3 TLAHUALILO.

5.3.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL.

Tlahualilo de Zaragoza, o simplemente Tlahualilo, es un municipio con gran prosperidad, que aún se aferra a preservar sus antiguas raíces.

Este municipio siempre ha recibido la influencia de diversas culturas, de diversas concepciones; fue testigo de la lucha entre los tobosos, conchos, laguneros y tepehuanos.

Su territorio forma parte de la región conocida como el Bolsón de Mapimí y cuya descripción del Barón de Humboldt es el de una "isla que presenta peligro, tanto por las tribus que la habitan, como por las condiciones naturales que ella presenta."

En la época de la colonia se desarrollaron las fincas de Zaragoza, La Barcelona, Las Carolinas, Londres, Oquedo, Rosas, Providencia, Pamplona, Jalapa, Ceceda y Valencia.

En el último cuarto del siglo XIX, se estableció la compañía agrícola El Tlahualilo, que aprovechó el lecho del antiguo paso del río Nazas, que 40 años antes se desvió por completo.

La segunda compañía cubrió todo un capítulo en la historia de la Comarca Lagunera, pues utilizaba un canal que debería de regar cierto número de hectáreas, pero esta aprovechaba el agua del

nacimiento, lo que trajo una serie de conflictos que duraron varios años.

5.3.2.MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO.

Localización.

El municipio de Tlahualilo se localiza al noroeste del estado, en las coordenadas 26° 06' 42" de latitud norte y 103° 26' 26" de longitud oeste, a una altura de 1,100 msnm. Limita al norte y poniente con el estado de Coahuila; al sur con el municipio de Gómez Palacio y al oriente con Mapimí. Se divide en 106 localidades, siendo las más importantes, Tlahualilo y Gregorio García.

Hidrografía.

El municipio es una región desértica, carece de aguajes y no hay posibilidades de encontrar aguas subterráneas potables; la única región poblada es la que fue el lecho de la laguna de Tlahualilo.

Clima.

El clima característico es muy seco o estepario. La temperatura media anual es de 21°C. La precipitación media anual es de 211 mm. La primera helada se registra en el mes de noviembre y la última en marzo.

Orografía.

En sus terrenos desérticos se levantan las sierras calizas de La Campana y de Tlahualilo.

5.3.3 MARCO SOCIOECONÓMICO.

Población.

La población total del municipio asciende a 27 204 habitantes, que representan el 2.4% de la población total del estado. La tasa de crecimiento fue de 2% para la década de 1980-1990. La densidad de población es de 8 habitantes por km² y la mayor concentración se da en Tlahualilo.

Población Económicamente Activa.

La población económicamente activa está formada por un total de 6,254 personas, cifra que representa el 26% del total de la población en edad de trabajar; las actividades económicas que realizan son la agricultura y la ganadería.

5.4 SAN PEDRO DEL GALLO.

5.4.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL.

San Pedro del Gallo está enclavado en una zona ahora aislada del movimiento migratorio o comercial entre los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, situación diferente a la que se vivió a mediados del actual milenio, en donde las tribus de La Laguna concentraron su población para mantenerse un tanto al margen de las tribus tepehuanas de occidente, y chichimecas del sur.

A través de este municipio se estableció una ruta de operaciones militares y comerciales hacia el estado de Chihuahua,

debido a que así se evitaba el encuentro con las tribus de la región tarahumara, que se caracterizaban por su gran ostilidad.

Este municipio se caracterizó por estar poblado de tribus poco pacíficas que se revelaban constantemente, y no fue sino hasta 1721, cuando el gobernador Alday informó al Consejo de Indias que solo tres tribus se mantenían en guerra: cocoyomes, acoclames y chizos.

La actividad minera proliferó en la zona, lo que atrajo numerosas familias que incrementaron la labor agrícola. Empero, la minería ocupó la atención de los lugareños en los siglos XVIII y XIX.

Durante el Porfiriato se estableció en la entidad la empresa Peñoles, en el mineral del mismo nombre, la que alcanzó considerables riquezas hasta su agotamiento.

En la actualidad esta empresa se trasladó a Torreón, Coahuila, pero conserva su nombre original.

5.4.2.MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO.

Localización.

Se sitúa, en su mayor parte, en los terrenos altos de la meseta de la Zarca, y su porción meridional en el plano inclinado que forma el descenso al río Nazas. Limita al norte con el municipio de Mapimí; al oriente con el de Lerdo; al sur con los de

Nazas Y San Luis del Cordero y al poniente con el de Hidalgo.

Su superficie territorial abarca un área de 2,205 km². Se localiza a una latitud norte de 25° 33' y una longitud oeste de 104° 17'; su altura es de 1,700 msnm. Sus localidades más importantes son: Boquilla de Miembros, Peñoles, Cuba y Santo Domingo.

Hidrografía.

Los arroyos que se forman tienen poca importancia por su pequeñez, y fluyen, en lo general, hacia el río Bocas de Cobre también llamado Arroyo de Naicha, del vecino municipio de San Luis del Cordero.

Clima.

Se clasifica como seco estepario. La temperatura media anual es de 17.5°C, la máxima es de 42.5°C y la mínima de 7°C; la evaporación media anual es de 2,548mm.

Orografía.

Su territorio tiene grandes planicies, levantándose en ellas las pequeñas tierras de Peñoles, la del Cerro del Volcán, la de los Berrendos y la de Huachiles, y en sus linderos accidentales la Sierra del Rosario con sus estribaciones y cordilleras secundarias, que ocupan considerable extensión.

5.4.3. MARCO SOCIOECONÓMICO.

Población.

El municipio cuenta con una población de 2 630 habitantes, de los cuales 1,771 son de sexo masculino y del femenino 1,658.

densidad de población es de 1,71 habitantes por km².

Población Económicamente Activa.

La PEA del municipio es de 10, 044 personas, cifra que representa el 30.5% de la población total del municipio en edad de trabajar; su economía se basa en las actividades agrícolas, ganaderas y explotación minera.

5.5 SAN LUIS DEL CORDERO.

5.5.1 PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL.

San Luis del Cordero es un municipio relativamente nuevo, pues su desarrollo se inició después del reparto agrario, quedando fraccionadas las antiguas haciendas que lo constituían: San Antonio, Encinillas y Piedras, las cuales perdieron gran parte de su extensión territorial y sólo la primera conservó su categoría de hacienda.

La zona que incluye este municipio surgió como población importante hasta la primera década del siglo XIX. Tuvo su fundación en el año de 1808, y para 1895 ya se le reconocía la categoría de villa, aunque existen algunas contradicciones al respecto.

La región aledaña al río Nazas cobró gran importancia durante los primeros años del Porfiriato, lo que favorecía grandemente a San Luis del Cordero, pero al surgir Gómez Palacio y Torreón, la decadencia de toda la zona fue notable. San Luis del Cordero no

recupera aún el esplendor de esa época.

5.5.2.MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO.

Localización.

El municipio se localiza en las coordenadas 25° 25' 06" de latitud norte y 104° 16' 37" de longitud oeste, a una altura de 1,700 msnm. Limita al norte con el municipio de San Pedro del Gallo; al oriente con el de Nazas; al poniente con el de Rodeo y al sur con los de San Juan del Río y Peñón Blanco. Se divide en 14 localidades, siendo las más importantes, San Luis del Cordero y Ejido de Tepalcateño.

Hidrografía.

Recorre sus terrenos el arroyo antiguamente denominado Boca del Cobre y hoy conocido como Naicha, que nace en los cerros de Peñoles y en la meseta de la Zarca, pasando por la cabecera municipal y desembocando en el río Nazas.

Clima.

El clima de este municipio es de muy seco a estepario. La temperatura máxima anual es de 42°C y la mínima es de 5°C; con una precipitación media anual de 300 mm. El régimen de lluvias comprende los meses de junio, julio y agosto.

El promedio de heladas por año es de 25.75 días.

Orografía.

El municipio está ubicado en la región semiárida del estado en los terrenos que se dividen en la mesa de la Zarca. La cordillera

que tiene como cumbres prominentes es el Picacho de las Perlas.

5.5.3.MARCO SOCIOECONÓMICO.

Población.

La población total de este municipio asciende a 2,564 habitantes, cifra que representa el 0.2% del total de la población del estado. Su tasa media anual de crecimiento fue de 1% para la década de 1980-1990, su densidad es de 425 habitantes por km², localizándose la mayor concentración de población en la cabecera municipal.

Población Económicamente Activa.

La PEA del municipio está formada por un total de 834 personas, cifra que representa el 23.5% de la población total del municipio en edad de trabajar, su economía se basa principalmente en la agricultura y la ganadería.

VI. MARCO TEÓRICO.

6.1 SÍNTESIS HISTÓRICA DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL.

La Programación Lineal se originó con el método de análisis insumo-producto, desarrollado por el economista W. Leontief en 1936.

Hitchcock fue el primero en interpretar el "problema" en 1941. En 1945 Stigler estudió el "problema de la dieta".

El método simple fue creado en 1947 por Georgia Dantzing. En 1949, él mismo publica por primera vez la expresión "Linear Programming".

Hada, Cándler, Waugh, Snodgrass algunos otros investigadores que contribuyeron al perfeccionamiento y difusión de la aplicación de la Programación Lineal en el ámbito de la economía agrícola. Sus trabajos se desarrollaron a finales de los años cincuenta.

6.2 DEFINICIÓN, IMPORTANCIA Y USOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL.

6.2.1 DEFINICIÓN:

La Programación Lineal es la parte de la programación matemática que permite resolver el problema de recursos escasos y encontrar los valores que deben tomar ciertas actividades, de tal modo que optimicen un objetivo dado y, al mismo tiempo, que se satisfagan una serie de restricciones también dadas.

Es decir, que la Programación Lineal es una técnica matemática, un método de planeación y un instrumento de análisis de los fenómenos económicos, que nos permiten resolver problemas consistentes en optimizar una función, respetando un cierto conjunto de restricciones.

6.2.2 IMPORTANCIA:

La importancia de la Programación Lineal, radica en el hecho de que asigna los recursos limitados entre las diferentes actividades alternativas, con la finalidad de cumplir con el objetivo de optimización. Por lo tanto, podemos afirmar que es una técnica y una herramienta de inigualable valor para la planeación agrícola y económica en general.

6.2.3 USOS:

La programación lineal, según Dorbusch (1987) es aplicable a las áreas de la economía del bienestar y en la consejería de hombres de negocios.

En la vida cotidiana podemos observar como las actividades productivas, en su gran mayoría, están limitadas de recursos, por lo cual, se ven obligadas a hacer un uso más eficiente de ellos, al considerar productos alternativos y sus precios.

Por lo tanto, la programación lineal puede usarse para

analizar el uso del crédito agrícola en las fincas, elaborar planes óptimos de cultivos con base en niveles determinados de créditos, planear la rotación de cultivos y el nivel de recursos a emplear. En el área pecuaria puede ayudar a calcular las raciones de costos mínimos que usen materias primas disponibles, y que cumplan con restricciones de mínimos o máximos nutrientes: proteínas, grasas, energía, etc (Chalita, 1983).

También se utiliza la programación lineal en la definición de modelos de transporte.

6.3 COMPONENTES DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.

El modelo de programación lineal está delimitado por el marco general del problema que se desea resolver. Así, si se trata de obtener una combinación óptima de recursos, éstos son asignados apegándose a un objetivo de optimización, que para el presente caso es la maximización del ingreso. De tal forma, que el programa analiza todas las combinaciones potencialmente remunerativas, eligiendo aquellas cuya combinación da como resultado la optimización de la función objetivo.

En general, los componentes de un modelo de programación lineal son:

6.3.1 FUNCION OBJETIVO:

Es la expresión matemática lineal del propósito deseado, es decir, determina el punto más redituable del estado deseado. Para el caso en que se persigue como objetivo la maximización del ingreso neto, la función objetivo será la suma de los ingresos netos de cada una de las actividades consideradas en el modelo, la sumatoria no es más que el ingreso neto total que se desea maximizar.

Por lo tanto, en una función objetivo encontraremos los elementos siguientes:

ACTIVIDAD: Es aquella cuyo nivel se determinará, es decir, constituye la incógnita en el modelo. Esta actividad deberá ser elegida por el analista, quien definirá de manera precisa las unidades de medición. Dichas actividades irán dentro de la función objetivo.

6.3.2 CONJUNTO DE RESTRICCIONES:

Son un sistema de igualdades o desigualdades lineales que expresan las condiciones a que debe sujetarse la función objetivo. Este sistema será tan grande como recursos escasos existan, como puede ser de mercado o de autoconsumo.

Dentro de estas restricciones están las de $<$, $>$, ó $=$ a los recursos existentes.

Los problemas de máximos se expresan en desigualdades, que especifican que sólo la cantidad fija de recursos disponibles será utilizado en el plan óptimo. En los problemas de mínimos las restricciones son un problema de desigualdades que expresan, en este caso, que deberán usarse no menos de ciertas cantidades fijas.

Será necesario escribir una desigualdad por recurso escaso que se considere. En el primer miembro de la desigualdad se suman las necesidades de ese recurso de todas las actividades involucradas en el modelo. En el segundo miembro de la desigualdad se especifica la cantidad disponible del recurso cuando se habla de máximos, para el caso de mínimos, el segundo miembro de la desigualdad expresa el límite inferior fijado de necesidades.

6.3.3 COEFICIENTES DE PRODUCCIÓN:

Son los coeficientes de las variables (actividades) en las restricciones, y especifican la cantidad de un recurso que es necesaria para producir una unidad de actividad productiva.

6.3.4 CONDICIÓN DE NO NEGATIVIDAD:

Significa que no puede ser posible producir cantidades negativas o iguales a cero de cada actividad, ya que se va a determinar el nivel de manera óptima.

Las condiciones de no negatividad se agregan de la siguiente manera:

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0 \dots; X_n \geq 0$$

En la programación lineal, las condiciones de no negatividad hay que tomarlas como parte integral del problema, ya que la resolución del mismo requiere del apoyo de computadoras, las cuales necesitan información completa y clara sobre qué condiciones debe respetar.

6.4 SUPUESTOS DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.

6.4.1 FUNCIÓN OBJETIVO:

Debe ser lineal, es decir, la función cuyo valor se busca no debe tener ninguna de las variables elevadas a una potencia que no sea la unidad.

6.4.2 RESTRICCIONES:

Deben ser lineales. Identifican los límites impuestos en las actividades. Los recursos implícitos dentro de cada restricción son homogéneos.

6.4.3 ADITIVIDAD:

Nos dice que la cantidad total de recursos usados en todos los procesos, será igual a la simple suma de los recursos utilizados en cada proceso. Este supuesto nos indica independencia de procesos productivos.

6.4.4 DIVISIBILIDAD:

Hace referencia sobre la característica que poseen, tanto los recursos como los productos, de adquirir valores no negativos incluyendo fraccionarios, es decir, que las actividades son continuas.

6.4.5 FINITUD:

Ésta nos afirma que el número de procesos disponibles del cual se selecciona la solución óptima, es el número finito positivo.

6.4.6 CERTIDUMBRE:

Indica que los valores de los coeficientes técnicos, los precios y las cantidades de recursos disponibles, son conocidos y constantes, y la solución óptima que se obtenga estará basada sobre un conocimiento de los valores de todos los parámetros.

6.4.7 PROPORCIONALIDAD:

Implica rendimientos constantes a escala, es decir, que lo que contribuye una unidad de actividad de cada variable a la función objetivo, debe ser constante e independiente de su nivel, así mismo, como el uso de cada recurso por unidad de actividad.

6.4.8 LINEALIDAD:

Indica que la relación funcional entre la cantidad de recursos y la producción correspondiente es constante; es decir, supone rendimientos constantes a escala.

6.5 LIMITANTES DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.

El modelo de programación lineal tiene ventajas y limitantes para la planeación agrícola; algunas de sus limitaciones son las siguientes:

1) Para diseñar un plan de producción, generalmente se parte de la información del año anterior, lo que limita los resultados.

2) Con frecuencia, se desconoce el comportamiento futuro de los precios, y la programación lineal no puede ayudarnos a obtener esta información.

3) Los supuestos de linealidad en la función objetivo y en las restricciones, nos llevan a concluir que la técnica de programación lineal sólo admite rendimientos constantes a escala, no obstante que, en la agricultura existen muchos procesos de producción con rendimientos marginales decrecientes.

4) Nos ofrece poca ayuda en la estimación de las relaciones entre insumo-producto; solo especifica el tipo y la cantidad de los productos necesarios para formular el modelo.

6.6 VENTAJAS DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.

Las ventajas del uso de la programación lineal son:

1) Que es un método de planificación, que permite analizar una variedad de decisiones alternativas.

2) Ayuda a seleccionar, de las alternativas, para la solución del problema, es decir a determinar la mejor opción.

3) Permite, por lo tanto, tomar decisiones correctas en cuanto al problema tratado.

6.7 ESTRUCTURA MATEMÁTICA DEL MODELO.

En su estructura matemática, el modelo de programación lineal está formado por una función objetivo, las actividades, las restricciones y los coeficientes técnicos.

La función objetivo puede maximizarse o minimizarse. En nuestro estudio se llevó a cabo una maximización, por lo tanto, se hará referencia a ello en la estructura general de la teoría.

Un modelo generalizado para n variables puede exponerse en tres formas alternativas:

- Algebraica o Forma Completa.
- Notación sigma.
- Notación matricial.

Forma completa. Cuando se escribe de este modo en programación lineal de n -variables, el cual está sujeto a m restricciones, toma la siguiente forma:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Sujeta a las restricciones:

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

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

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

Y a las condiciones de no negatividad:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

Aquí la Z representa el maximizando. Las variables de elección se denotan por x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) y sus coeficientes en la función objetivo por c_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Los símbolos b_i ($i = 1, 2, \dots, m$), representan las "condiciones" impuestas al programa. Los coeficientes de las variables de elección de las restricciones se denotan por a_{ij} .

6.8. PRECIO SOMBRA Y COSTO DE OPORTUNIDAD.

El costo de oportunidad es la cantidad que se sacrifica de la función objetivo, debido a la realización de una unidad de actividad.

El precio sombra es el efecto neto sobre la función objetivo, debido a la realización de una unidad de actividad.

En los problemas de producción, los precios sombra miden el impacto sobre el ingreso neto al aumentar, en una unidad, la disponibilidad de 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 utiliza todo el nivel dado.

Los precios sombra de las actividades que no fueron seleccionadas causan una disminución en la función objetivo.

6.9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

El análisis de sensibilidad permite tener una visión más amplia sobre posibles cambios en los ingresos brutos o en los niveles de disponibilidad de los recursos, tiene por objeto hacer más útil la interpretación de los precios sombra al efectuar una estimación del intervalo o rango de variación en que un precio sombra es relevante.

6.10. MÉTODOS DE SOLUCIÓN.

El objetivo de la programación lineal, es determinar la asignación óptima de recursos escasos entre productos o actividades en competencia. A menudo las situaciones económicas exigen la optimización de la función sujeta a varias restricciones de desigualdad. Cuando se incluye más de una restricción de desigualdad, la programación lineal constituye un método más

sencillo.

6.10.1. MÉTODO GRÁFICO.

Para la solución, mediante este método, se dibujan sobre la gráfica las ecuaciones (desigualdades) que se refieren a las restricciones y a la función objetivo. Cada eje de la gráfica representa una actividad, por lo que este método se limita a la inclusión de sólo dos actividades.

Mediante el ejemplo siguiente se esclarece el procedimiento de este método:

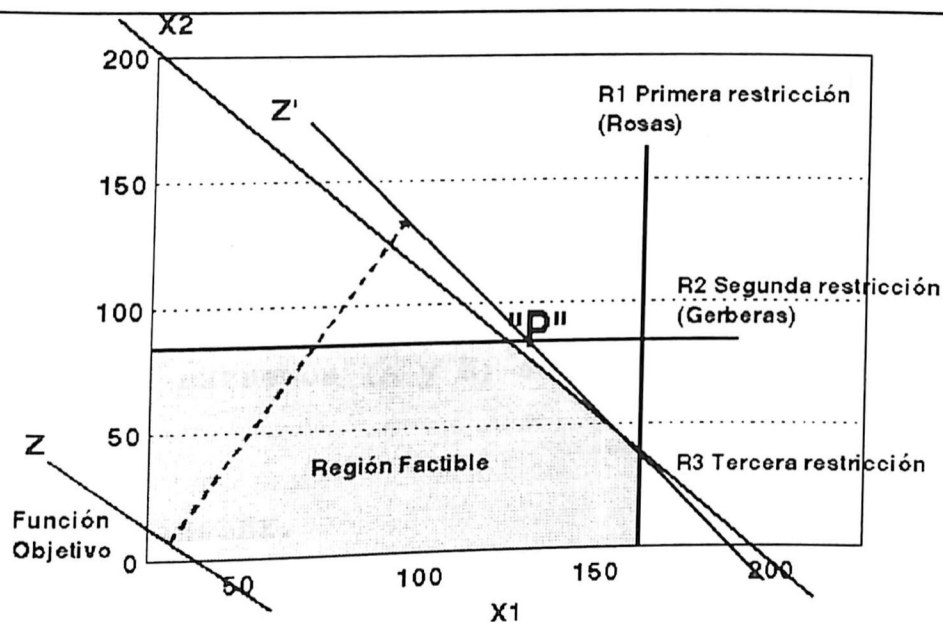
$$\text{Maximizar } Z = 2X_1 + 5X_2$$

Bajo las restricciones:

$$X_1 \leq 4, X_2 \leq 3 \quad X_1 + 2X_2 \leq 8 \quad X_1 \geq 0; X_2 \geq 0$$

En el eje de las abcisas, se mide la actividad X_1 y en el eje de las ordenadas la X_2 (ver gráfica)

Para la primera restricción ($X_1=4$) se traza una perpendicular al eje de las abscisas, donde $X_1=4$, la restricción se cumple sobre la línea y los puntos ubicados a la izquierda.



Para la segunda restricción se traza una paralela al eje de las abscisas, donde $X_2=3$, la restricción se cumple para cualquier punto sobre la recta y debajo de ella.

La restricción de no negatividad se grafica para los puntos, donde $X_1=0$ y $X_2=0$ o sea, el punto "0" de la gráfica.

Cuando $X_1=0$ y $X_2=4$ y cuando $X_2=0$ y $X_1=8$ se obtienen dos puntos, a través de cuya unión obtenemos la tercera restricción, ésta se satisface para cualquier punto de la línea o debajo de ella.

Las tres líneas de restricciones forman un polígono, y solamente los puntos que están sobre él y dentro de él (área de factibilidad) satisfacen simultáneamente las tres restricciones.

Para graficar la función objetivo, se resuelve ésta para X_2 , quedando de la siguiente manera:

$$X_2 = 1/2 Z - 2/5 X_1$$

El coeficiente de X_1 , o sea $-2/5$, es la pendiente de la ecuación. Conservando esa pendiente la ecuación se grafica donde el valor de Z es máximo, para obtener la solución óptima (el mayor ingreso) y factible (que satisface las restricciones). En este caso, la solución óptima y factible se obtendrá por el último punto que toque la función objetivo (al ir siendo desplazada hacia arriba y hacia la derecha de la gráfica) de la línea AB de la gráfica.

Los puntos extremos (A y B) son los puntos que determinan la región factible.

6.10.2.MÉTODO SÍMPLEX.

A medida que los problemas de optimización se vuelven más complejos, debido a que hay más de dos alternativas, el método gráfico resulta casi imposible de usar por la dificultad para obtener los puntos, ya que se trabaja en un plano de dos dimensiones. En estos problemas se hace necesaria la utilización del método símplex, que se basa en resolver puntos seleccionados de un polígono de factibilidad técnica hasta obtener el óptimo.

El método símplex es un método algebraico, útil para resolver problemas de programación lineal. Se inicia con una matriz en la que solo se generan variables de holgura, a partir de aquí se introducen nuevas variables, una por una, hasta que se logra obtener la solución óptima.

El principio de este método consiste en iniciar con algún punto extremo, calculando el valor de la función objetivo y luego analizando si es posible mejorar ese valor, moviéndolo hasta el punto extremo adyacente; si es así, se efectúa dicho movimiento continuamente hasta alcanzar un punto extremo que no admita una mejora posterior, en el cual se encontrará la solución básica factible.

Con este método se trabaja a base de tablas, en donde cada tabla representa una solución básica factible. La primera corresponde al punto de origen, es decir, en donde los valores de las variables son ceros; esto indica que no se produce nada y, por lo tanto, el valor de la función es mejor con esta solución porque el valor es diferente de cero.

La operación del método símplex da una serie de soluciones sucesivamente mejoradas, hasta encontrar la óptima.

Una característica básica de este método de maximización es que la última solución da una contribución igual o mayor que la solución anterior, y en minimización, ésta determina el costo que es igual o menor al anterior.

El método símplex consta de cuatro pasos, en los cuales utiliza el álgebra de matrices para obtener la inversa de una matriz, que le permita resolver un sistema de ecuaciones simultáneas.

6.10.2.1 PASOS UTILIZADOS PARA EL MÉTODO SIMPLEX.

1) Paso de iniciación: se parte del origen, o sea, da un valor de cero a las variables reales.

La parte 1 determina la variable real que entra, seleccionando la variable real que más rápido haga crecer la función objetivo, o sea, la de mayor precio neto.

2.- Paso interactivo: determina la variable de holgura que sale, para ello, selecciona la que represente el recurso más escaso por unidad de actividad.

3.- Regla de decisión: en esta parte se determina si la nueva solución es óptima para el modelo.

4.- Sí o no detenerse: esto lo hace cuando ya no es posible incrementar la función objetivo al introducir una nueva variable real.

Como se ha señalado, la solución final debe ser factible y óptima, por consiguiente, el segundo programa está determinado por dos criterios: el criterio de optimalidad y el de factibilidad.

a) Criterio de Optimalidad: se mide en términos de ingreso máximo; la actividad de producción que entra en el segundo programa debe ser la que aumente el ingreso.

b) Criterio de Factibilidad: dice que un programa es factible si éste cumple con las restricciones (no emplea más recursos que los disponibles). Por lo general, siempre hay un recurso que es limitante, mientras que los otros permiten producir más, por tal motivo, el recurso escaso determina los límites de la producción. Es de suma importancia conocer dicho recurso, puesto que es el que nos da la pauta para no forzar las demás restricciones.

La optimización de la función objetivo resulta, por este método, máxima cuando no hay indicadores negativos en la solución.

6.10.3. MÉTODO DE COMPUTO ELECTRÓNICO.

El QSB (Quantitative System for Business) es un paquete diseñado para analizar problemas económicos y se compone de 15 módulos. En este apartado abordaremos el primer módulo, el cual se refiere a la programación lineal. Este paquete computacional puede resolver problemas de programación lineal con muchas variables y restricciones. El tamaño de los problemas y su solución, por medio

de este paquete, depende de la memoria del computador

MANERA DE CARGAR EL QSB.

Una vez cargado el MS-DOS a la unidad central de procesamiento (CPU) encendido el monitor y aparecido el prompt A) se inserta en el drive A el diskette de QSB, y si se dispone de una unidad B se inserta en ella el diskette de trabajo, se teclea QSB y se da ENTER hasta que aparece en la pantalla el menú principal donde aparecen los diferentes módulos.

La traducción de los módulos es la siguiente:

Code No. program	Code No. program
1.- Programación lineal	A.- Teoría de Queuing
2.- Programación lineal entera	B.- Sistema de simulación
3.- Problemas de traslado	C.- Decisión/Teoría de prob
4.- Asignación de problemas	D.- proceso Markov
5.- Modelaje de Netword	E.- Series de tiempo para pronóstico
6.- Ruta crítica CPM	F.- Especificar impresora
7.- Ruta crítica PERT	G.- Salir de QSB
8.- Programación dinámica	
9.- Teoría de inventario	

Para trabajar con programación lineal se oprime 1, con lo cual aparece el menú principal de programación lineal, la traducción sería:

function

function

- 1.- Panorama del sistema de programación lineal
 - 2.- Introducir un nuevo problema
 - 3.- Recuperar sistema existente en el disco
 - 4.- Mostrar y/o imprimir los datos de entrada
 - 5.- Solución del problema
 - 6.- Grabar el problema en el disco
 - 7.- Modificar el problema
 - 8.- Mostrar y/o imprimir la solución final
 - 9.- Retornar a menú general de QSB
 - 10.- Salir de QSB
-

Para trabajar con alguna opción se guía el cursor con las teclas de dirección y se oprime ENTER, o puede oprimirse el número de la opción deseada.

VII. ESTRUCTURACIÓN DE LOS MODELOS.

Para la estructuración de los modelos se recurrió al uso de la metodología propuesta al inicio del trabajo. A manera de recordatorio y para profundizar, mencionaremos algunos aspectos que se emplearon para la creación de los diferentes modelos iniciando con la construcción de:

7.1 EL PRIMER MODELO O MODELO BÁSICO.

En la creación de todos programas de cultivo se debe establecer la viabilidad del establecimiento del mismo, para cumplir con la condición anterior, en este caso, se contempla como marco de referencia principal la maximización de la ganancia, para lo cual se tenían como alternativas, incrementar el ingreso o reducir los costos o ambas cosas, pero considerando que los costos a nivel agregado son fijos, se trató de aumentar el ingreso, y para ello se planteó:

7.1.1 LA FUNCIÓN OBJETIVO.

Para la conformación de ésta, se tomó el ingreso total como un coeficiente de las variables ($X_1, X_2, \dots, X_{15}$). El ingreso en este caso, representa el rendimiento por hectárea del cultivo por su precio medio rural (cuadro 1 del anexo).

Sabiendo que la función objetivo del modelo está integrada por 15 actividades y 25 restricciones, a continuación se presenta la explicación de cada una de ellas.

7.1.2 EXPLICACIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES Y RESTRICCIONES DEL MODELO.

La función objetivo está integrada por las siguientes actividades:

X1	Maíz G.	Tecnología	GMF.	Ciclo	P.V.
X2	Maíz G.	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
X3	Maíz G.	Tecnología	TMS.	Ciclo	P.V.
X4	Frijol	Tecnología	TMS.	Ciclo	P.V.
X5	Trigo	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X6	Sorgo G.	Tecnología	GMF.	Ciclo	P.V.
X7	Sorgo G.	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
X8	Alfalfa	Tecnología	BMFE.	Ciclo	Perenne
X9	Alfalfa	Tecnología	BMF1.	Ciclo	Perenne
X10	Alfalfa	Tecnología	BMF2.	Ciclo	Perenne
X11	Zacate B.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X12	Avena F.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X13	Cártamo	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X14	Melón	Tecnología	BMF1.	Ciclo	P.V.
X15	Melón	Tecnología	BMF2.	Ciclo	P.V.

Las restricciones son las siguientes:

R1. Se refiere a la disponibilidad de toneladas de fertilizante, esto es, que para cualquier combinación que tomen las X_i , la suma del recurso utilizado debe ser igual o menor a 4,762,709 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R1.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 4,762,709.$$

R2. Nos indica la cantidad disponible total en toneladas de fungicidas, es decir, que no importando qué combinación tomen las X_i , la suma debe ser siempre igual o menor a 11,700 (ver cuadro 2

del anexo).

$$R2. X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 11,700$$

R3. Señala la cantidad disponible de kilogramos o litros de insecticida, esto es, que indiferentemente a la combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 39,625.4 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R3.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 39,625.4$$

R4. Representa la cantidad de kilogramos de semillas con que se cuenta, es decir, que indistintamente a la combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 583,258 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R4.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 583,258$$

R5. Se refiere a la disponibilidad de mano de obra, esto es, que en cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 451,965 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R5.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 451,965$$

R6. Indica la cantidad total disponible de horas-jornales de maquinaria, es decir, que para cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 438,741 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R6.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 438,741$$

R7. Se refiere a la disponibilidad de mmä de agua, esto es, que cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 188,219 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R7.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 188,219$$

R8. Indica la cantidad total de kwatt de electricidad con que se cuenta, esto es, que cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 30,000,000 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R8.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 30,000,000$$

R9. Se refiere a la cantidad total disponible de superficie cultivable, y señala que, para cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 20,430 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R9.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 20,430$$

R10. Es la cantidad total de horas-máquina disponibles, es decir, que en cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 430,260 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R10.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 430,260$$

R11. Señala la cantidad total de horas-jornal de trilladora o equivalente disponibles, es decir, que para cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 2,444.53 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R11.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 2,444.53$$

R12. Se refiere a la disponibilidad de equipo de bombeo, esto es, que cualquier combinación que tomen las X_i , la suma debe ser igual o menor a 2,199,032 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R12.X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12 + X13 + X14 + X15 \leq 2,199,032$$

De la R13 a la R24. Hacen referencia a la disponibilidad de tierra, es decir, que la cantidad total máxima de hectáreas disponibles a lo largo del año, debe ser igual al total de la superficie ocupada por cada uno de los cultivos, que para este caso es igual a 20,430 ha (ver cuadro 2 del anexo).

- R13. Restricción correspondiente al mes de enero.
- R14. Restricción correspondiente al mes de febrero.
- R15. Restricción correspondiente al mes de marzo.
- R16. Restricción correspondiente al mes de abril.
- R17. Restricción correspondiente al mes de mayo.
- R18. Restricción correspondiente al mes de junio.
- R19. Restricción correspondiente al mes de julio.
- R20. Restricción correspondiente al mes de agosto.
- R21. Restricción correspondiente al mes de septiembre.
- R22. Restricción correspondiente al mes de octubre.
- R23. Restricción correspondiente al mes de noviembre.
- R24. Restricción correspondiente al mes de diciembre.

R25. Se refiere a la disponibilidad de capital, es decir, que para cualquier combinación que tomen las Xi, la suma debe ser igual o menor a 29,000,000 (ver cuadro 2 del anexo).

$$R25. 1438.91 X1 + 1975.47 X2 + 907.50 X3 + 1070.71 X4 + 1903.30 X5 + 1481.20 X6 + 2054.47 X7 + 1850.71 X8 + 1457.30 X9 + 1457.30 X10 + 1019.80 X11 + 704.00 X12 + 456.60 X13 + 1908.14 X14 + 1908.14 X15 \leq 29000000$$

7.2 SEGUNDO MODELO.

Para construir el segundo modelo, se le adiciona una restricción más al primer modelo. Esta restricción consiste en delimitar el incremento de la superficie cultivada de maíz con tecnología (GMF) a una cantidad menor o igual a un 200%, lo que

equivale a 1,314 ha, ya que es muy difícil que la superficie de este cultivo se incremente de un ciclo a otro en más del rango establecido, pues aquí intervienen cuestiones de mercado, culturales y tradicionales, presentes en la región de estudio y, además, que un mayor incremento de la superficie implica un incremento de la oferta, lo que determinara una disminución en el precio y consecuentemente una caída en el nivel de ingreso.

Esta restricción se denota de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} R26. -1.0 X1 + 0.0 X2 + 0.0 X3 + 0.0 X4 + 0.0 X5 + 0.0 X6 + \\ 0.0 X7 + 0.0 X8 + 0.0 X9 + 0.0 X10 + 0.0 X11 + 0.0 X12 + \\ 0.0 X13 + 0.0 X14 + 0.0 X15 \leq 1314 \end{aligned}$$

7.3 TERCER MODELO.

Está integrado por los dos modelos anteriores más una restricción que nos delimita el incremento de la superficie cultivada de maíz con tecnología (TMS) a una cantidad menor o igual a 14,097 ha (un 200% más con respecto a la actual) ya que por cuestiones de mercado, culturales y tradicionales que se presentan en la región de estudio, además de que un incremento en la oferta implica un decremento en el precio, es muy difícil hacer variar la superficie de éste cultivo de un ciclo a otro, en más del rango establecido.

Esta restricción se denota de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} R27. -0.0 X1 + 0.0 X2 + 1.0 X3 + 0.0 X4 + 0.0 X5 + 0.0 X6 + \\ 0.0 X7 + 0.0 X8 + 0.0 X9 + 0.0 X10 + 0.0 X11 + 0.0 X12 + \\ 0.0 X13 + 0.0 X14 + 0.0 X15 \leq 14097 \end{aligned}$$

7.4 CUARTO MODELO O MODELO FINAL.

En la construcción del cuarto y último modelo, se adiciona una restricción más al tercero, la cual nos delimita el incremento de la superficie cultivada de melón con tecnología (BMF) en una cantidad menor o igual a un 200%, lo que equivale a 1,089 ha. Esto debido, a que los resultados que arroja el segundo modelo nos recomienda una superficie mayor, pero sabiendo que un incremento en la oferta implica una disminución del precio, y que las cuestiones de mercado, culturales, tradicionales, de gustos y preferencias, y además de que, tanto la cantidad de capital como el agua son recursos escasos en la región, sería muy difícil que la superficie de este cultivo se incrementara de un ciclo a otro en más del rango establecido.

Esta restricción se denota de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} R28. -0.0 X1 + 0.0 X2 + 0.0 X3 + 0.0 X4 + 0.0 X5 + 0.0 X6 + \\ 0.0 X7 + 0.0 X8 + 0.0 X9 + 0.0X10 + 0.0X11 + 0.0X12 + \\ 0.0X13 + 1.0X14 + 0.0X15 \leq 1089 \end{aligned}$$

VIII. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

La presentación y análisis de resultados del primer modelo o modelo básico, y del modelo definitivo o final, que es el que se eligió como patrón recomendable para el Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna, se hace secuencialmente, considerando:

8.1 RESULTADOS DEL PRIMER MODELO O MODELO BÁSICO.

Una vez que se corrió el modelo en el paquete de computación QSB, se procedió a interpretar los datos que arroja el modelo, los cuales son: solución del problema, utilización de los recursos, costo de oportunidad de las actividades o precio sombra y análisis de sensibilidad.

8.1.1 VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO.

Los resultados que se obtuvieron en este caso, nos indican que tanto las actividades como los recursos disponibles, generan un ingreso máximo de N\$ 47 405 470, que representa el valor de la función objetivo (Maximum value del Cuadro No. 4) obteniéndose con la producción de cuatro cultivos: maíz GMF, maíz TMS, trigo BMF y melón BMF1 (actividades X1, X3, X5 y X14); con una superficie de 1,954.8 ha, 15,377.26 ha, 172.93 ha y 2,924.99 ha, respectivamente.

El resultado elimina once de los cultivos o actividades que se manejan en el Distrito, aumentando el ingreso en N\$ 84 722 015 (21.7%) con respecto a lo que se genera con el patrón actual.

Si se quisiera producir cualquiera de las actividades que el patrón no considera, es decir, incluir o sembrar una unidad (ha) más, originaría una disminución económica en el valor de la función objetivo de:

N\$ 1,258.4	para	X2 Maíz G.	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
N\$ 140.0	para	X4 Frijol	Tecnología	TMS.	Ciclo	P.V.
N\$ 220.0	para	X6 Sorgo G.	Tecnología	GMF.	Ciclo	P.V.
N\$ 1,244.0	para	X7 Sorgo G.	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
N\$ 3,269.2	para	X8 Alfalfa	Tecnología	BMFE.	Ciclo	Perenne.
N\$ 3,107.7	para	X9 Alfalfa	Tecnología	BMF1.	Ciclo	Perenne.
N\$ 3,269.7	para	X10 Alfalfa	Tecnología	BMF2.	Ciclo	Perenne.
N\$ 322.5	para	X11 Zacate B.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
N\$ 858.9	para	X12 Avena F.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
N\$ 752.0	para	X13 Cártamo	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.

Estas reducciones se indican en la columna de "Opportunity Cost" o Precio Sombra de las actividades (ver Cuadro 4 del anexo) la cual señala en cuanto se disminuiría la función objetivo, es decir, el ingreso, al incluirse cualquiera de las actividades anteriormente mencionadas.

En lo que se refiere al uso de cada uno de los recursos disponibles, a saber: fertilizantes, fungicidas, insecticidas, semillas o plantas, labores manuales, labores mecanizadas, uso de agua, electricidad, tierra utilizada a través del año, tractor e implementos, trilladora o equivalente, equipo de bombeo y capital (columna solution de S1 hasta S25 del Cuadro No. 4) se recurre a dicha columna, donde podemos observar cómo los recursos fungicidas, insecticidas, electricidad y tierra se agotan totalmente, por lo que, consecuentemente, toman el valor de 0.0, lo cual nos indica que son recursos escasos o de los más importantes.

La columna "opportunity cost" (ver Cuadro No. 4 del anexo) para los costos es un indicador que nos señala en qué cantidad se incrementaría el valor de la función objetivo; es decir, en qué proporción aumenta el ingreso al incluir una unidad más de cualquiera de los recursos que utiliza el modelo en su nivel total disponible. Para este caso se trata de los recursos arriba mencionados. Es decir que al incluirse una unidad más al modelo, la

función objetivo crecerá en X cantidad sobre el beneficio inicial, por lo cual el costo de dicha incorporación debe ser menor al costo de oportunidad.

De esto se puede proyectar la posibilidad de ocupar más de los recursos anteriores; es decir, ver la conveniencia de que el productor incorporara uno de los recursos para así aumentar su ingreso, por lo que se sugiere recurrir al apoyo de la columna "opportunity cost" de dichos recursos.

Para el caso de los recursos fertilizantes, semillas, labores manuales, labores mecanizadas, uso de agua, tractor e implementos, trilladora o equivalente, equipo de bombeo, disponibilidad de tierra en el mes de enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, y, por último, capital, presentan un sobrante (columna solution para el recurso del Cuadro No. 4) lo cual nos indica que el modelo no emplea esos recursos en su totalidad; esto es, que no son recursos escasos, y su precio sombra es, por tanto, igual a cero.

8.1.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS COEFICIENTES DE LAS ACTIVIDADES.

La columna "original" indica el precio neto con el que cada una de las actividades entra en el modelo. La columna de "máximo C(j)" nos señala el límite superior del rango o intervalo de variación del precio sombra o costo de oportunidad que se desea encontrar. La columna "mínimo C(j)" indica el límite inferior del intervalo en cuestión.

Así, tenemos que las variables X1, X3, X5 y X14 (maíz GMF, maíz TMS, trigo BMF y melón BMF1) que son consideradas como factibles por el primer modelo (Cuadro No. 5 del anexo) se explican, en el caso de la variable X1 con un coeficiente que nos

señala el ingreso que se obtiene por hectárea de maíz GMF (1,900) éste no puede incrementarse y sí puede disminuirse hasta 1,680 (baja 220 unidades), sin que por ello se altere la solución básica. Al sobrepasar dicho limite, la solución incurriría en cambios.

Para el caso de X3, se tiene un coeficiente de 1,100, el cual puede incrementarse hasta 1,990 (es decir en 800 unidades) y no puede disminuir de 1,100 sin que se altere la función objetivo.

La variable X5, presenta un coeficiente original de 2,610, el cual no se puede incrementar más allá del monto original y sí puede decrecer hasta 2,239.5 (370.5 unidades) sin que se altere la función objetivo.

Para X14 se tiene un coeficiente original de 9,000, y este no puede incrementarse más de lo indicado en el monto original, pero sí puede decrecer hasta el infinito sin que se altere la función objetivo.

Las variables que no entran en el modelo (ver Cuadro 4 del anexo) se observan a continuación:

X2 Maíz Grano	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
X4 Frijol	Tecnología	TMS.	Ciclo	P.V.
X6 Sorgo Grano	Tecnología	GMF.	Ciclo	P.V.
X7 Sorgo Grano	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
X8 Alfalfa	Tecnología	BMFE.	Ciclo	Perenne.
X9 Alfalfa	Tecnología	BMF1.	Ciclo	Perenne.
X10 Alfalfa	Tecnología	BMF2.	Ciclo	Perenne.
X11 Zacate B.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X12 Avena F.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X13 Cártamo	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X15 Melón	Tecnología	BMF2	Ciclo	P.V

Para que alguna de estas actividades entrara en el modelo, tendría que rebasar el límite superior que se indica, esto es, que para poder incorporar en la solución al frijol (X4) se tendría que incrementar el valor generado por hectárea de N\$ 960 a N\$ 1,100.

Teniendo en cuenta que el frijol tiene un rendimiento de 0.6 t/ha, para que sea costeable producirlo y que pueda entrar en la solución, el precio por tonelada tendría que aumentar a N\$ 1,850 (teniendo en cuenta que el precio actual es de N\$ 1,600).

8.1.3 PARA LOS RECURSOS DISPONIBLES.

Con el análisis de sensibilidad de los recursos se obtienen los siguientes resultados:

La columna "original" (del Cuadro No. 5 del anexo) indica el valor dado a las restricciones, la columna "máximo B(i)" y la columna "mínimo B(i)" señalan el incremento y decremento, en los cuales, al igual que en el caso de las actividades, la solución no es modificada.

Por lo tanto, para la restricción fertilizante (No.1) los kilogramos de fertilizante pueden incrementarse hasta infinito o disminuirse hasta 3,788,814.5 (decrecer 9,738,945 unidades) sin que esto cambie la solución básica. Es decir, que puede incrementarse tantas unidades sean necesarias sin que por ello varíe la solución.

En general, el análisis de sensibilidad nos indica el rango dentro del cual puede variar el precio neto de los recursos sin que existan cambios relevantes en el patrón de actividades obtenido.

8.2 RESULTADOS DEL MODELO DEFINITIVO O MODELO FINAL.

8.2.1 VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO.

Los resultados que se obtuvieron en este caso, nos indican que tanto las actividades como los recursos disponibles generan un ingreso máximo de N\$ 47,085,250, que representa el valor de la función objetivo (Maximum value del Cuadro No. 6) obteniéndose con la producción de siete cultivos: maíz GMF, maíz TMS, frijol TMS, trigo BMF, sorgo GMF, melón BMF1 Y melón BMF2 (actividades X1, X3, X4, X5, X6, X14 Y X15) con una superficie de 1,314 ha, 1,4097 ha, 1,280 ha, 172.93 ha, 640.8 ha, 1,089 ha y 1,835.99 ha, respectivamente.

El modelo elimina ocho de los cultivos o actividades que se manejan en el Distrito de Desarrollo Rural, aumentando el ingreso en N\$ 81,517,995 (20.9%) con respecto a lo que se genera con el patrón actual.

Si se quisiera producir cualquiera de las actividades que el patrón no considera, es decir, incluir o sembrar una unidad (ha) más, de maíz BMF, sorgo BMF, alfalfa BMFE, alfalfa BMF1, alfalfa BMF2, zacate b. BMF, avena f. BMF Y cártamo BMF (actividades X2, X7, X8, X9, X10, X11, X12 Y X13) originaría una disminución económica en el valor de la función objetivo de:

N\$ 1,184.6	para	X2 Maíz	G. Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
N\$ 1,145.1	para	X7 sorgo	G. Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
N\$ 3,467.4	para	X8 Alfalfa	Tecnología	BMFE.	Ciclo	Perenne.
N\$ 3,304.9	para	X9 Alfalfa	Tecnología	BMF1.	Ciclo	Perenne.
N\$ 3,467.4	para	X10 Alfalfa	Tecnología	BMF2.	Ciclo	Perenne.
N\$ 303.6	para	X11 Zacate B.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
N\$ 844.5	para	X12 Avena F.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
N\$ 698.0	para	X13 Cártamo	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.

Estas reducciones se indican en la columna de "Opportunity Cost" o Precio Sombra de las actividades (ver Cuadro No. 6 del anexo) las cuales señalan en cuánto se disminuiría la función objetivo, es decir, el ingreso, al incluirse cualquiera de las actividades no consideradas por el modelo.

En lo que se refiere al uso de cada uno de los recursos disponibles, a saber: fertilizantes, fungicidas, insecticidas, semillas o plantas, labores manuales, labores mecanizadas, uso de agua, electricidad, tierra utilizada a través del año, tractor e implementos, trilladora o equivalente, equipo de bombeo y capital (columna solution de S1 hasta S25 del Cuadro No. 6) se recurre a dicha columna donde podemos observar cómo los recursos fungicidas, insecticidas, electricidad y tierra, se agotan totalmente, por lo que, consecuentemente, toman el valor de 0.0, lo cual nos indica que son recursos escasos o de los más importantes.

La columna "opportunity cost" para los recursos, nos señala en qué cantidad se incrementaría el valor de la función objetivo, es decir, en qué proporción crecería el ingreso al incluir una unidad más de cualquiera de los recursos que utiliza el modelo en su nivel total disponible. Para este caso, se trata de los recursos arriba mencionados. Es decir, que al incluirse una unidad más al modelo, la función objetivo se incrementará en X cantidad sobre el beneficio inicial, por lo cual, el costo de dicha incorporación debería ser menor al costo de oportunidad.

De esto se puede proyectar la posibilidad de ocupar más de los recursos anteriores, es decir, qué tan conveniente sería que el productor incorporara uno de los recursos para así aumentar su ingreso; por lo que se sugiere recurrir al apoyo de la columna "opportunity cost" (del Cuadro No. 6 del anexo) de dichos recursos.

Para el caso de los recursos fertilizantes, semillas, labores manuales, labores mecanizadas, uso de agua, tractor e implementos,

trilladora o equivalente, equipo de bombeo, disponibilidad de tierra en el mes de enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, y por último capital, presentan un sobrante (columna de solution para el recurso del Cuadro No. 6) lo cual nos indica que el modelo no emplea esos recursos en su totalidad; esto es, que no son recursos escasos, y su precio sombra es por tanto igual a cero.

8.2.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS COEFICIENTES DE LAS ACTIVIDADES.

La columna "original" (del Cuadro No. 7 del anexo) indica el precio neto con el que cada una de las actividades entra en el modelo. La columna de "máximo C(j)" nos señala el límite superior del rango o intervalo de variación del precio sombra o costo de oportunidad que se desea encontrar. La columna "mínimo C(j)" indica el límite inferior del intervalo en cuestión.

Así, tenemos que las variables X1, X3, X4, X5, X6, X14 Y X15 (maíz GMF, maíz TMS, frijol TMS, trigo BMF, sorgo GMF, melón BMF1 y melón BMF2) que son consideradas como factibles por el segundo modelo (Cuadro No. 7 del anexo) se explica: en el caso de la variable X1 con un coeficiente que nos señala el ingreso que se obtiene por hectárea de maíz GMF (1,900) éste se puede incrementar hasta el infinito y disminuir hasta 1,680 (baja 220 unidades), sin que por ello se altere la solución básica. Cuando se sobrepasa dicho límite, la solución incurre en cambios.

Para el caso de X3 se tiene un coeficiente de 1,100, el cual puede incrementarse hasta el infinito y puede decrecer o bajar hasta 960 (140 unidades menos) sin que se altere la función objetivo.

X4 tiene un coeficiente de 960, el cual puede incrementarse solamente hasta 1,100 (140 unidades más), pero no puede decrecer o bajar más del monto original sin que se altere la función objetivo.

Para la variable X5 se tiene un coeficiente original de 2,610, el cual se puede incrementar hasta 12,372.3 (9,762.3 unidades más) Y puede decrecer hasta 2,261.2 (350.7 unidades menos), sin que se altere la función objetivo.

La variable X6 tiene un coeficiente original de 1,680, el cual se puede incrementar hasta 1,900 (220 unidades más) y puede decrecer hasta 960 (720 unidades menos) sin que se altere la función objetivo.

Para X14 se tiene un coeficiente original de 9,000, éste puede incrementarse hasta el infinito y no puede decrecer más del monto original, sin que se altere la función objetivo.

Y, por último, para X15, se tiene un coeficiente original de 9,000, éste no puede incrementarse más allá del monto original y puede decrecer hasta 2,317.4 (6,682.6 unidades menos) sin que se altere la función objetivo.

Las variables que no entran en el modelo (ver Cuadro No. 6 del anexo) se observan a continuación:

X2 Maíz G.	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
X7 Sorgo G.	Tecnología	BMF.	Ciclo	P.V.
X8 Alfalfa	Tecnología	BMFE.	Ciclo	Perenne.
X9 Alfalfa	Tecnología	BMF1.	Ciclo	Perenne.
X10 Alfalfa	Tecnología	BMF2.	Ciclo	Perenne.
X11 Zacate B.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X12 Avena F.	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.
X13 Cártamo	Tecnología	BMF.	Ciclo	O.I.

Para que alguna de estas actividades entrara en el modelo, tendría que rebasar el límite superior que se indica, esto es, que para poder incorporar en la solución a la alfalfa tecnología BMFE (X8), se tendría que incrementar el valor generado por hectárea de

N\$ 1,300 a N\$ 4,767.4.

Sabiendo que la alfalfa tecnología BMFE tiene un rendimiento de 20 toneladas enifcadas por hectárea, para que sea costeable producirla y que pueda entrar en la solución, el precio por tonelada tendría que aumentar a N\$ 238.3 (teniendo en cuenta que el precio actual es de N\$ 65).

8.2.3. PARA LOS RECURSOS DISPONIBLES.

Con el análisis de sensibilidad de los recursos se obtienen los siguientes resultados:

La columna "original" (ver Cuadro No. del anexo) indica el valor dado a las restricciones, la columna "máximo B(i)" y la columna "mínimo B(i)" señalan el incremento y decremento, en los cuales, al igual que en el caso de las actividades, la solución no se ve modificada.

Por lo tanto, para la restricción fertilizante (No.1) los kilogramos de fertilizante pueden incrementarse hasta infinito o disminuirse hasta 3,401,127.5 (decrecer 13,615,815 unidades menos) sin que esto cambie la solución básica, es decir, puede incrementarse cuantas unidades sean necesarias sin que por ello varíe la solución.

En general, el análisis de sensibilidad nos indica el rango dentro del cual puede variar el precio neto sin que existan cambios relevantes en el patrón de actividades obtenido.

IX. PROGRAMA DE ACTIVIDADES ÓPTIMO PROPUESTO PARA LA ZONA DE ESTUDIO Y SU COMPARACIÓN CON EL PATRÓN ACTUAL.

9.1 PROGRAMA PROPUESTO DE ACTIVIDADES.

Con la solución del modelo se obtuvo un patrón de cultivos que es factible recomendar para su implementación, ya que éste se considera viable al contemplar restricciones tanto de tipo técnico como económico.

El patrón de actividades que se propone para el DDR 125 Durango-Laguna se estructura de la siguiente manera:

PROGRAMA PROPUESTO DE ACTIVIDADES

VAR.	PRODUCTO	TECNOLOGÍA	SUP. A SEMBRAR (HA)
X1	Maíz Grano	GMF.	1314.0
X3	Maíz Grano	TMS.	14097.0
X4	Frijol	TMS.	1280.2
X5	Trigo	BMF.	172.9
X6	Sorgo Grano	GMF.	640.8
X14	Melón	BMF1.	1089.0
X15	Melón	BMF2.	1835.9

Es decir, que el modelo factible nos propone cultivar la misma superficie con la participación de siete actividades.

9.2 PROGRAMA ACTUAL DE ACTIVIDADES.

La distribución actual de los cultivos con base en superficie, ciclo y tecnología en el DDR 125 Durango-Laguna, es el siguiente:

PROGRAMA ACTUAL DE ACTIVIDADES

VAR.	PRODUCTO	CICLO	TECNOLOGÍA	SUP. TOTAL (HA)
X1	Maíz Grano	P-V	GMF.	438
X2	Maíz Grano	P-V	BMF.	763
X3	Maíz Grano	P-V	TMS.	4699
X4	Frijol	P-V	TMS.	2154
X5	Trigo	O-I	BMF.	1576
X6	Sorgo Grano	P-V	GMF.	231
X7	Sorgo Grano	P-V	BMF.	435
X8	Alfalfa	PERENNE	BMFE.	2358
X9	Alfalfa	PERENNE	BMF1.	2358
X10	Alfalfa	PERENNE	BMF2.	2358
X11	Zacate B.	O-I	BMF.	436
X12	Avena F.	O-I	BMF.	470
X13	Cártamo	O-I	BMF.	848
X14	Melón	P-V	BMF1.	363
X15	Melón	P-V	BMF2.	943

Total=20430

Esto es, que se cosechan actualmente 20,430 hectáreas en el Distrito con la participación de 15 actividades.

9.3 COMPARACIÓN DEL PROGRAMA ACTUAL Y EL PROGRAMA PROPUESTO.

Este apartado compara el programa actual de cultivos con el programa de actividades óptimo propuesto para la zona de estudio, para lo cual, se presentan los dos en el cuadro de resumen siguiente:

PROGRAMA ACTUAL DE ACTIVIDADES

VAR.	CULTIVO	CICLO	TECNOLOGÍA	PROGRAMA ACTUAL	PROGRAMA PROPUESTO	DIFERENCIA EN SUPERF.
X1	Maíz G.	P-V	GMF.	438	1314	+ 876
X2	Maíz G.	P-V	BMF.	763	0	- 763
X3	Maíz G.	P-V	TMS.	4699	14097	+ 9398
X4	Frijol	P-V	TMS.	2154	1280	- 874
X5	Trigo	O-I	BMF.	1576	172	- 1404
X6	Sorgo G.	P-V	GMF.	231	641	+ 410
X7	Sorgo G.	P-V	BMF.	435	0	- 435
X8	Alfalfa	PERENNE	BMFE.	2358	0	- 2358
X9	Alfalfa	PERENNE	BMF1.	2358	0	- 2358
X10	Alfalfa	PERENNE	BMF2.	2358	0	- 2358
X11	Zacate B.	O-I	BMF.	436	0	- 436
X12	Avena F.	O-I	BMF.	470	0	- 470
X13	Cártamo	O-I	BMF.	848	0	- 848
X14	Melón	P-V	BMF1.	363	1089	+ 726
X15	Melón	P-V	BMF2.	943	1836	+ 893

Como se puede observar, el nuevo patrón de cultivos considera que sólo se deben realizar siete actividades desplazando a ocho de ellas. Además, se tiene que de las actividades elegidas por el nuevo patrón solo 3 requieren de riego por bombeo, y que además la mayoría presentan un buen nivel de ingreso.

Si tomamos en cuenta que en la región de estudio existen problemas con el manto freático, salinización de la tierra (debido al exceso de productos químicos) es comprensible que el modelo determine actividades que no hacen un uso excesivo de agua.

Por otra parte, es lógico que nuestro patrón elija aquellas actividades que generan mayor ingreso, un ejemplo de ello es el cultivo de melón.

También, podemos observar que los cultivos no elegidos por el patrón óptimo propuesto, en su mayoría son destinados al consumo animal, y su requerimiento de agua es muy alto, mientras que el ingreso que generan es muy bajo.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

10.1 CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados del modelo, y tomando en cuenta los objetivos e hipótesis que se plantearon al inicio del presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1) Para el Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna, tomando en cuenta los recursos naturales, económicos y sociales, se encontró que es factible implementar un patrón óptimo de cultivos con mayores ventajas en relación al actual, además de cumplir con el objetivo de hacer un uso racional de los recursos naturales, al elegir cultivos que requieren menor cantidad de agua y que presentan un mayor producto marginal.

2) La implementación de los modelos planteados y analizados, dio como resultado que sí es posible incrementar el valor de la producción del DDR 125 Durango-Laguna utilizando igual o menor cantidad de recursos. Por lo tanto, se cumple con el objetivo de optimización.

3) Además, se obtuvo como resultado, que sí es conveniente dejar sembrar maíz BMF, sorgo g. BMF, alfalfa con sus diferentes tecnologías, zacate b. BMF, avena f. BMF y cártamo BMF y cubrir su déficit comprándolos fuera, con el incremento del ingreso que se genera en el Distrito.

4) Por otra parte, sí es verdad que la distribución de la superficie agrícola actual en el DDR 125 Durango-Laguna, no es adecuada pues no permite que el ingreso se maximice.

5) Consideramos que se cumplen los objetivos e hipótesis planteadas en un 95%. Esto evidencia la falta de planeación en la

agricultura regional y permite, con alta precisión, hacer las recomendaciones siguientes, en un afán por contribuir en la solución de algunos de los problemas que padecen los productores de la región de estudio.

10.2 RECOMENDACIONES.

Es necesario cambiar la estructura de producción en el Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna, para así poder hacer un mejor uso de los recursos existentes, ya que de otra manera se continuará con el uso irracional de ellos.

Para lograr cambiar el patrón de cultivos, es necesario que dentro de la planeación agrícola se tomen decisiones encaminadas hacia la implementación de un patrón óptimo de cultivos que nos permita racionalizar el uso de los recursos.

Se debe elaborar un estudio más a fondo para la introducción de nuevos cultivos y llegar a una optimización en el uso de los recursos existentes en el DDR 125, ya que el presente trabajo solo buscó una reasignación de los recursos entre las actividades existentes en la zona de estudio.

Es necesario que en trabajos posteriores se aborden temas relacionados con los factores que no se contemplaron en este trabajo como lo es: el costo real de los recursos naturales, los efectos ecológicos de la producción, la comercialización de los productos agropecuarios o canales de comercialización, y por último, los aspectos sociales.

10.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO.

El presente estudio se basa en el patrón actual de cultivos, con lo cual se dejan de lado las actividades que ocupan superficies no representativas y que además aportan valor al Distrito de Desarrollo Rural 125 Durango-Laguna.

No se abordó ni profundizó en el estudio de mercado, dicha limitación se debe tomar en cuenta en trabajos posteriores, por lo cual, es necesario su inclusión para no derivar en errores relacionados con la oferta y la demanda de los productos, así como los referentes a la dinámica de los canales de comercialización.

También resulta necesario que, en estudios futuros, se tomen en cuenta los factores relacionados con la sustentabilidad de los recursos y la ecología del medio ambiente.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, I. D. 1969. Análisis económico del uso del agua y mano de obra en el sector ejidal de la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría de Economía Agrícola. Colegio de Potsgraduados, México.
- Bassoco de G. T. 1970. Programación de la producción agrícola de la parcela ejidal en tres obras de regadío en el Edo. de Quintana Roo. Tesis de Maestría, Colegio de Potsgraduados, Chapingo, México.
- Chalita, T. L. E. 1993. Apuntes de Programación Lineal. Economía Agrícola. UACH, Chapingo, México.
- Chalita, T. L. E. 1989. Modelos económicos para la planificación de los distritos de desarrollo de riego. UACH, Chapingo, México.
- Chiang, A. C. 1971. Métodos Fundamentales de economía matemática. Ed. Amorrortu. Buenos Aires, Argentina.
- García F. F. 1985. Planificación del distrito de riego No.103 Río Florido. Un modelo de programación lineal. Tesis de licenciatura en Economía Agrícola. UACH. Chapingo, México.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Koppen. Cuarta Edición. UACH, México.
- INEGI. 1994. Anuario estadístico del estado de Durango. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica. Gob. del edo. de Durango. México.

- Méndez G. P. 1987. Patrón óptimo de cultivos en la región de valle de banderas del distrito de riego 043 en Nayarit. Tesis Profesional, Fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- Portillo V. M. et al. Calderon M. L. 1988. Programación lineal aplicada a la agricultura. Folleto técnico, UACH. Economía Agrícola. Chapingo, México.
- Pulido C. J. 1990. Patrón óptimo de cultivos mediante la aplicación de la programación lineal en el municipio de Papalotla, Edo. de México.
- Rivas M. J. y Rodríguez. 1986. Optimización económica de los recursos productivos en el distrito de riego 014, Río Colorado. Tesis Profesional, Economía Agrícola, Chapingo, México.
- SARH. 1983. Anuario de la producción agrícola de los E.U.M. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- SARH. 1990. Análisis Estatal de los Efectos de Política Económica y bases de la modernización para la agricultura, estados de Durango y Coahuila. DGPA. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Silva V. F. y Chalita T. L. 1977. Programación agrícola para la reavilitación del distrito de riego de Zamora, Michoacan. Folleto. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Vásquez, S. G. 1994. Planeación regional: Obtención de un patrón óptimo de cultivos en el DDR 002: Compostela, Edo. de Nayarit. Tesis de Ing. Agr. Esp. en Economía Agrícola. Chapingo, México.

ANEXOS:

CUADRO1 INGRESO POR HECTAREA

VARIABLE O CULTIVO	RENDIMIENTO TON. POR HECTAREA	PRECIO POR TONELADA	INGRESO OBTENIDO POR HA.
X1	3,5	550	1900
X2	3,8	550	2090
X3	2	550	1100
X4	0,6	1600	960
X5	3,25	800	2610
X6	4	420	1680
X7	4,4	420	1848
X8	20	65	1300
X9	22,5	65	1462,5
X10	20	65	1300
X11	40	52,5	2100
X12	27	55	1485
X13	1,5	800	1200
X14	18	500	9000
X15	18	500	9000
TOTAL			39035,5

X1 MAIZ	GRANO	TEC.	GMF	X9 ALFALFA	TEC.BMF1
X2 MAIZ	GRANO	TEC.	BMF	X10 ALFALFA	TEC.BMF2
X3 MAIZ	GRANO	TEC.	TMS	X11 ZACATA	TEC.BMF
X5 FRIJOL		TEC	TMS	X12 AVENA F.	TEC.BMF
X5 TRIGO		TEC	BMF	X13 CARTAM	TEC.BMF
X7 SORG.	GRANO	TEC.	GMF	X14 MELON	TEC.BMF1
X8 SORG	GRANO	TEC.	BMF	X14 MELON	TEC.BMF2
X8 ALFAL		TEC.	BMFE		

CUADRO 2. PATRON DE CULTIVOS ACTUAL, COEFICIENTES TECNICOS, INGRESOS Y EGRESOS POR CULTIVO.

VRBLE O	SUPERFICIE EN HECTAREAS	INGRESO TOT POR CULTIVO	FERTILIZANTES KG TOTALES POR CULTIVO	FUNGICIDAS KG TOT POR CULTIVO	INSECTICIDAS KG. TOTALES POR CULTIVO	SEMILLAS O PLANTAS KG. TOTALES POR CULTIVO	LAB MANLS HRS-JORNAL TOTAL POR CULTIVO	LABORES MECA HORAS-MAQUIN TOTAL POR CULTIVO	MM3 DE AGUA TOT POR CULTIVO	ELECTRICIDA TOT. KWATT POR CULTIVO	TRACTOR E IMPLEMENTO HRS-MAQ POR CULTIVO	TRILLADORA EQUIVA- LENTE TOTAL HRS/CULT.	EQUIPO DE BOMBEO HRS-BOMB POR CULTIVO	CAPITAL TOT EMPLE- ADO POR CULTIVO
X1	438	832200	417414	0	5694	8760	7275.18	6530.58	3723	0	5150.88	310.98	0	630242.58
X2	763	1594670	734769	0	9919	15260	7332.43	10308.13	6485.5	10523296	8019.13	541.73	77978.6	1507283.6
X3	4699	5168900	0	0	0	70485	46990	35007.55	0	0	33362.9	0	0	4264342.5
X4	2154	2067840	0	0	0	25848	32740.8	7108.2	0	0	7108.2	0	0	2306309.3
X5	1576	4113360	677680	0	1576	293680	14830.16	17745.76	13396	21736192	15050.8	1118.96	16106.2	2999679.6
X6	231	388080	80388	0	3003	3234	2404.71	3178.56	1617	0	3014.55	164.01	0	342157.2
X7	435	803880	151380	0	5655	6090	4310.85	5985.6	3045	4940730	5676.75	308.85	36627	893694.45
X8	2358	3065400	1127124	0	2358	94320	66212.64	107501.22	47160	76521816	107501.22	0	567099	4363974.2
X9	2358	3448575	0	0	2358	0	74866.5	10530	47160	76521816	104530.14	0	567099	3436313.4
X10	2358	3065400	0	0	2358	0	71919	95027.4	47160	76521816	95027.4	0	567099	3436313.4
X11	436	915600	177016	0	436	15260	5768.28	755.88	3226.4	5235052	7555.88	0	38804	444632.8
X12	470	637950	315940	0	0	47000	3210.1	7285	3431	5567150	7285	0	41266	330880
X13	848	1017600	254400	0	0	12720	8997.28	8946.4	4240	6879824	8946.4	0	50964.8	386688
X14	363	3267000	229779	2904	1742.4	166.98	29214.24	5782.59	2105.4	3427083	5782.59	0	25301.1	692654.82
X15	943	8487000	596919	7544	4526.4	433.78	75892.64	16247.89	5469.4	8902863	16247.89	0	65727.1	1793976
TOTAL	20430	3.9E+07	4762709	11700	39625.4	583258	451965	498741	188219	30000000	430260	2444.53	2199032	27834542

CUADRO.3 PATRON DE CULTIVOS ACTUAL COEFICIENTES TECNICOS INGRESOS Y EGRESOS POR HA.

VARIABLE O CULTIVO	SUPERF. TOT. EN HECTAREA	INGRESO OBTENIDO POR HA.	FERTILIZANTE KG. POR HA.	FUNGICIDAS KG. POR HA.	INSECTICIDA KG. O LITROS POR HA.	SEMILL. O PLANTA KG. POR HA.	AB.MANU. HRS-JOR. POR HA.	AB.MECAN. HRS-MAQ. POR HA.	MM3 DE H2O POR HA.	ELECTRICID. KWATT POR HA.	TRAC. E IMP. HRS-MAQ. POR HA.	TRILLAD. O EQ. HRS. POR HA.	EQ.DE BOM. HRS-BOM. POR HA.	CAPITAL O COSTO DE PROD./HA.
X1	438	1900	953	0	13	20	16.61	14.91	8.5	0	11.76	0.71	0	1438.91
X2	763	2090	963	0	13	20	9.61	13.51	8.5	13792	10.51	0.71	102.2	1975.47
X3	4639	1100	0	0	0	15	10	7.45	0	0	7.1	0	0	907.5
X4	2154	960	0	0	0	12	15.2	3.3	0	0	3.3	0	0	1070.71
X5	1576	2610	430	0	1	180	9.41	11.26	8.5	13792	9.55	0.71	102.2	1903.35
X6	231	1680	348	0	13	14	10.41	13.76	7	0	13.05	0.71	0	1481.2
X7	435	1848	348	0	13	14	9.91	13.76	7	11358	13.05	0.71	84.2	2054.47
X8	2358	1300	478	0	1	40	28.08	45.59	20	32452	45.59	0	240.5	1850.71
X9	2358	1462.5	0	0	1	0	31.75	44.33	20	32452	44.33	0	240.5	1457.3
X10	2358	1300	0	0	1	0	30.5	40.3	20	32452	40.3	0	240.5	1457.3
X11	436	2100	406	0	1	35	13.23	17.33	7.4	12007	17.33	0	89	1019.8
X12	470	1485	672	0	0	100	6.83	15.5	7.3	11845	15.5	0	87.8	704
X13	848	1200	300	0	0	15	10.61	10.55	5	8113	10.55	0	50.1	456
X14	363	9000	633	8	4.8	0.46	80.48	15.93	5.8	9441	15.93	0	69.7	1908.14
X15	943	9000	633	8	4.8	0.46	80.48	17.23	5.8	9441	17.23	0	59.7	1908.14
TOTAL	20430	39035.9	5164	16	56.6	465.92	363.11	284.71	130.8	187145	275.08	3.55	1386.4	21593

X1 MAIZ	GRANO	TEC	GMF	X9 ALFALFA	TEC	BMF1	
X2 MAIZ	GRANO	TEC	BMF	X10 ALFALFA	TEC	BMF2	
X3 MAIZ	GRANO	TEC	TMS	X11 ZACATE	BALLICO	TEC	BMF
X4 FRIJOL	TEC	TMS	X12 AVENA	FORRAJE	TEC	BMF	
X5 TRIGO	TEC	BMF	X13 CARTAMO	TEC	BMF		
X6 SORGO	GRANO	TEC	GMF	X14 MELON	TEC	BMF1	
X7 SORGO	GRANO	TEC	BMF	X15 MELON	TEC	BMF2	
X8 ALFALFA	TEC	BMFE					

**CUADRO 3.1. ESTACIONALIDAD DE LOS CULTIVOS DEL DDR 125
DURANGO - LAGUNA**

[illegible]

Summarized Results for MODELO1.QSB

Page : 1

Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
1 X1	+1954.8052	0	16 S1	+973894.50	0
2 X2	0	+1258.4616	17 S2	0	+1653.2756
3 X3	+15377.263	0	18 S3	0	+61.538456
4 X4	0	+140.00000	19 S4	+281029.66	0
5 X5	+172.93224	0	20 S5	+28691.822	0
6 X6	0	+220.00000	21 S6	+246491.77	0
7 X7	0	+1244.8383	22 S7	+153168.23	0
8 X8	0	+3269.7078	23 S8	0	+.10502186
9 X9	0	+3107.2078	24 S9	0	+1099.9999
10 X10	0	+3269.7078	25 S10	+249846.20	0
11 X11	0	+322.53589	26 S11	+933.83649	0
12 X12	0	+858.98389	27 S12	+1977486.0	0
13 X13	0	+752.04230	28 S13	+20257.068	0
14 X14	+2924.9993	0	29 S14	+20257.068	0
15 X15	0	0	30 S15	+17332.068	0

Maximum value of the OBJ = 4.740547E+07 (multiple sols.) Iters. = 4

Summarized Results for MODELO1.QSB

Page : 2

Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
31 S16	0	0	36 S21	+172.93224	0
32 S17	0	0	37 S22	+17505.000	0
33 S18	+172.93224	0	38 S23	+20430.000	0
34 S19	+172.93224	0	39 S24	+20257.068	0
35 S20	+172.93224	0	40 S25	+3360994.8	0

Maximum value of the OBJ = 4.740547E+07 (multiple sols.) Iters. = 4

CUADRO 5.

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients

Page : 1

C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	+1680.0000	+1900.0000	+1900.0000	C(9)	- Infinity	+1462.5000	+4569.7075
C(2)	- Infinity	+2090.0000	+3348.4614	C(10)	- Infinity	+1300.0000	+4569.7075
C(3)	+1100.0000	+1100.0000	+1900.0000	C(11)	- Infinity	+2100.0000	+2422.5359
C(4)	- Infinity	+960.00000	+1100.0000	C(12)	- Infinity	+1485.0000	+2343.9839
C(5)	+2239.5149	+2610.0000	+2610.0000	C(13)	- Infinity	+1200.0000	+1952.0424
C(6)	- Infinity	+1680.0000	+1900.0000	C(14)	+9000.0000	+9000.0000	+ Infinity
C(7)	- Infinity	+1848.0000	+3092.8381	C(15)	- Infinity	+9000.0000	+9000.0000
C(8)	- Infinity	+1300.0000	+4569.7075				

Sensitivity Analysis for RHS

Page : 1

B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	+3788814.5	+4762709.0	+ Infinity	B(14)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity
B(2)	+6444.7402	+11700.000	+12710.521	B(15)	+3097.9316	+20430.000	+ Infinity
B(3)	+14212.930	+39625.398	+52910.422	B(16)	+20430.000	+20430.000	+ Infinity
B(4)	+302228.34	+583258.00	+ Infinity	B(17)	+20430.000	+20430.000	+ Infinity
B(5)	+423273.19	+451965.00	+ Infinity	B(18)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(6)	+192249.19	+438740.97	+ Infinity	B(19)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(7)	+35050.766	+188219.00	+ Infinity	B(20)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(8)	+27614918	+30000000	+ Infinity	B(21)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(9)	+5052.7373	+20430.000	+20430.000	B(22)	+2925.0000	+20430.000	+ Infinity
B(10)	+180413.81	+430260.03	+ Infinity	B(23)	0	+20430.000	+ Infinity
B(11)	+1510.6936	+2444.5300	+ Infinity	B(24)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity
B(12)	+221546.00	+2199032.0	+ Infinity	B(25)	+25639006	+29000000	+ Infinity
B(13)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity				

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients

Page : 1

C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	+1680.0000	+1900.0000	+1900.0000	C(9)	- Infinity	+1462.5000	+4569.7075
C(2)	- Infinity	+2090.0000	+3348.4614	C(10)	- Infinity	+1300.0000	+4569.7075
C(3)	+1100.0000	+1100.0000	+1900.0000	C(11)	- Infinity	+2100.0000	+2422.5359
C(4)	- Infinity	+960.00000	+1100.0000	C(12)	- Infinity	+1485.0000	+2343.9839
C(5)	+2239.5149	+2610.0000	+2610.0000	C(13)	- Infinity	+1200.0000	+1952.0424
C(6)	- Infinity	+1680.0000	+1900.0000	C(14)	+9000.0000	+9000.0000	+ Infinity
C(7)	- Infinity	+1848.0000	+3092.8381	C(15)	- Infinity	+9000.0000	+9000.0000
C(8)	- Infinity	+1300.0000	+4569.7075				

Sensitivity Analysis for RHS

Page : 1

B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	+3788814.5	+4762709.0	+ Infinity	B(14)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity
B(2)	+6444.7402	+11700.000	+12710.521	B(15)	+3097.9316	+20430.000	+ Infinity
B(3)	+14212.930	+39625.398	+52910.422	B(16)	+20430.000	+20430.000	+ Infinity
B(4)	+302228.34	+583258.00	+ Infinity	B(17)	+20430.000	+20430.000	+ Infinity
B(5)	+423273.19	+451965.00	+ Infinity	B(18)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(6)	+192249.19	+438740.97	+ Infinity	B(19)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(7)	+35050.766	+188219.00	+ Infinity	B(20)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(8)	+27614918	+30000000	+ Infinity	B(21)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(9)	+5052.7373	+20430.000	+20430.000	B(22)	+2925.0000	+20430.000	+ Infinity
B(10)	+180413.81	+430260.03	+ Infinity	B(23)	0	+20430.000	+ Infinity
B(11)	+1510.6936	+2444.5300	+ Infinity	B(24)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity
B(12)	+221546.00	+2199032.0	+ Infinity	B(25)	+25639006	+29000000	+ Infinity
B(13)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity				

Summarized Results for MODELO4.QSB

Page : 1

Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
1 X1	+1314.0000	0	16 S1	+1361581.6	0
2 X2	0	+1184.6154	17 S2	0	+1670.6487
3 X3	+14097.000	0	18 S3	0	+55.384613
4 X4	+1280.2623	0	19 S4	+288715.28	0
5 X5	+172.93224	0	20 S5	+26007.451	0
6 X6	+640.80511	0	21 S6	+250154.98	0
7 X7	0	+1145.1990	22 S7	+154129.44	0
8 X8	0	+3467.4478	23 S8	0	+11561886
9 X9	0	+3304.9478	24 S9	0	+959.99994
10 X10	0	+3467.4478	25 S10	+251497.77	0
11 X11	0	+303.62024	26 S11	+933.83649	0
12 X12	0	+844.50537	27 S12	+1977486.0	0
13 X13	0	+698.01575	28 S13	+20257.068	0
14 X14	+1089.0000	0	29 S14	+20257.068	0
15 X15	+1835.9994	0	30 S15	+16691.264	0

Maximum value of the OBJ = 4.708525E+07 (multiple sols.) ITERS. = 7

Summarized Results for MODELO4.QSB

Page : 2

Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
31 S16	+1280.2623	0	38 S23	+20430.000	0
32 S17	+1280.2623	0	39 S24	+20257.068	0
33 S18	+172.93224	0	40 S25	+3371458.2	0
34 S19	+172.93224	0	41 S26	0	+219.99999
35 S20	+172.93224	0	42 S27	0	+139.99999
36 S21	+813.73737	0	43 S28	0	0
37 S22	+16224.738	0			

Maximum value of the OBJ = 4.708525E+07 (multiple sols.) ITERS. = 7

CUADRO 7.

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients

Page : 1

C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	+1680.0000	+1900.0000	+ Infinity	C(9)	- Infinity	+1462.5000	+4767.4478
C(2)	- Infinity	+2090.0000	+3274.6155	C(10)	- Infinity	+1300.0000	+4767.4478
C(3)	+960.00000	+1100.0000	+ Infinity	C(11)	- Infinity	+2100.0000	+2403.6201
C(4)	0	+960.00000	+1100.0000	C(12)	- Infinity	+1485.0000	+2329.5054
C(5)	+2261.2427	+2610.0000	+12372.353	C(13)	- Infinity	+1200.0000	+1898.0158
C(6)	+960.00000	+1680.0000	+1900.0000	C(14)	+9000.0000	+9000.0000	+ Infinity
C(7)	- Infinity	+1848.0000	+2993.1990	C(15)	+2317.4038	+9000.0000	+9000.0000
C(8)	- Infinity	+1300.0000	+4767.4478				

Sensitivity Analysis for RHS

Page : 1

B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	+3401127.5	+4762709.0	+ Infinity	B(15)	+3738.7363	+20430.000	+ Infinity
B(2)	+6444.7402	+11700.000	+12710.521	B(16)	+19149.738	+20430.000	+ Infinity
B(3)	+31294.932	+39625.398	+56268.809	B(17)	+19149.738	+20430.000	+ Infinity
B(4)	+294542.72	+583258.00	+ Infinity	B(18)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(5)	+425957.56	+451965.00	+ Infinity	B(19)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(6)	+188585.98	+438740.97	+ Infinity	B(20)	+20257.068	+20430.000	+ Infinity
B(7)	+34089.562	+188219.00	+ Infinity	B(21)	+19616.262	+20430.000	+ Infinity
B(8)	+27614918	+30000000	+ Infinity	B(22)	+4205.2617	+20430.000	+ Infinity
B(9)	+19149.738	+20430.000	+20602.932	B(23)	0	+20430.000	+ Infinity
B(10)	+178762.25	+430260.03	+ Infinity	B(24)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity
B(11)	+1510.6936	+2444.5300	+ Infinity	B(25)	+25628542	+29000000	+ Infinity
B(12)	+221546.00	+2199032.0	+ Infinity	B(26)	0	+1314.0001	+1954.8052
B(13)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity	B(27)	+9095.5674	+14097.001	+15377.264
B(14)	+172.93164	+20430.000	+ Infinity	B(28)	0	+1089.0000	+2924.9995