

KARDEX

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

## FACULTAD DE ECONOMIA



### UN MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA EL SECTOR AGROPECUARIO

Distrito de Riego # 65 Actopan, Ver.

### TRABAJO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMIA  
OPCION "C" PRESENTA

Fernando Chávez Palacios

08

MONTENAY, N. L.

JULIO DE 1981

F  
HD 108  
.4  
CH3  
C. 2



1080064072

239

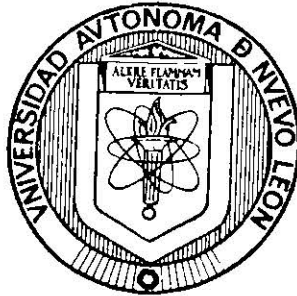
Ch 512m

e.1

UANL

X.F. INDEX

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE ECONOMIA



UN MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA EL  
SECTOR AGROPECUARIO

Distrito de Riego # 65 Actopan, Ver.

TRABAJO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMIA  
OPCION "C" PRESENTA  
Fernando Chávez Palacios



Biblioteca Centrală  
Măgura Săratului

T. 72313

# I N D I C E

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION  | 1    |
| I. ASPECTOS GENERALES   | 4    |
| A) Ubicación Geográfica del Area en Estudio   | 4    |
| B) Características Orográficas  | 4    |
| C) Factores Ecológicos y Edáficos   | 5    |
| 1) Estudios Agrológicos   | 5    |
| 2) Hidrografía y Estudios hidrométricos   | 8    |
| 3) Incidencia de Fenómenos Climatológicos   | 11   |
| II. ESTRUCTURA AGROPECUARIA ACTUAL  | 14   |
| A) Superficie Cosechada y Valor de la Producción por Ha.  | 14   |
| B) Rendimientos por Ha. y Participación relativa de los cultivos  | 17   |
| C) Diagnóstico  | 22   |
| III. UN MODELO MATEMATICO DE OPTIMIZACION EN LA PROGRAMACION DE ACTIVIDADES AGROPECUARIAS   | 23   |
| A) Definición del problema  | 23   |
| B) Valores de Producción y Costos por Ha. de los Cultivos Seleccionados, para Determinar los Valores de Utilidad en los Coeficientes de las Variables Significativas. | 25   |
| C) Establecimiento de las Restricciones de Programación   | 28   |
| IV. RESULTADO DEL PROBLEMA  | 34   |
| A) Resumen del Programa de Cultivos   | 34   |
| B) Análisis de Sensibilidad   | 37   |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES   | 41   |
| BIBLIOGRAFIA  | 45   |

## I N T R O D U C C I O N

En México la variedad de ecosistemas y la capacidad de adaptación de las diversas especies base de la alimentación de nuestro pueblo, dan un resultado bastante - desfavorable de las posibilidades que brinda la naturaleza.

"Según los datos más recientes, el régimen de lluvias hace imposible la agricultura sin riego en poco más del 50% del territorio nacional; en el 30% la precipitación hace los cultivos inseguros la mayoría de los años; sólo en un 7.0% del territorio de México son posible los cultivos de temporal en condiciones razonables de seguridad." <sup>1/</sup>

Por tanto, se hace necesario para la economía de nuestro país, analizar el destino de los recursos agropecuarios para impulsar aquéllos que sean responsables de - la productividad y desalentar aquéllos que la frenan. Para esto, en este trabajo se ha pretendido dar las pautas metodológicas, así como los instrumentos técnicos requeridos, con el propósito de evaluar las decisiones de inversión y gasto, sujetas a consideraciones de tipo práctico.

Utilizar los recursos disponibles de la mejor maneu

---

1/ Angel Palerm, Agricultura y Sociedad en Mesoamérica, Editorial Diana, México 1980, p. 180.



ra posible para obtener determinadas metas, está íntimamente ligado a la solución de problemas de optimización.

Este trabajo está destinado a mostrar las ventajas de la investigación de operaciones en la toma de decisiones mediante las matemáticas aplicadas.

Para tal propósito se ha recurrido a una abstracción de la Micro-Región, Distrito de Riego # 65.

Una vez que el problema ha quedado adecuadamente definido, optimizar los recursos físicos-económicos,<sup>2/</sup> disponibles en el distrito de riego Actopan, Veracruz. El paso subsecuente es formular un modelo matemático que represente fielmente la estructura del problema y que pueda tener solución mediante la aplicación de un procedimiento conocido.

En este trabajo, el Capítulo Primero se refiere al inventario de los recursos físicos-económicos, con el objeto de representar fielmente el problema original en el modelo matemático.

En el Capítulo Segundo, estructura agropecuaria actual, se trata de ofrecer un parangón entre los resul-

---

<sup>2/</sup> Recursos físico-económicos; agua, suelo, clima.  
La disponibilidad de estos recursos es  $k_0$ .

tados del modelo y la situación actual en el área de estudio.

El capítulo Tercero se refiere a la formulación del modelo con el propósito de encontrar la matriz asociada al sistema de ecuaciones lineales.

La linealidad de la función de producción implica la necesidad de considerar los rendimientos constantes a escala. Esto es, la ausencia de economías internas.

Este hecho, parece señalar la necesidad de establecer unidades de producción autónomas y extensión perfectamente delimitada por la tecnología. Además, el hecho de recurrir a coeficientes calculados de valores promedio de producción y costo, permiten recurrir a esta abstracción con un nivel de confiabilidad bastante aceptable.

Los resultados del problema, conclusiones y recomendaciones aparecen en los Capítulos 4 y 5 respectivamente.

## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### A) Ubicación del Area en Estudio.

En la parte Central-Oriental del Estado de Veracruz, aproximadamente entre los paralelos  $19^{\circ}10'$  y  $19^{\circ}20'$  de latitud Norte y los meridianos  $96^{\circ}17'$  y  $96^{\circ}33'$  de longitud Oeste, se localiza el Distrito de Riego # 65, Actopan Veracruz.

El distrito de Riego Actopan tiene una superficie bruta de 14 447 has., éstas comprenden el 13.2% del Municipio Actopan y 24.2% del Municipio Ursulo Galván, 10 817 has. y 3 630 has., respectivamente.

Este Distrito tiene los siguientes límites: al Norte, el Río Actopan el canal principal La Esperanza y el Arroyo Gallegos; al Este, Las dunas arenosas adyacentes al Golfo de México; al Sur, el Distrito de Riego del Río La Antigua; al Oeste, los terrenos correspondientes a mesetas elevadas.

#### B) Características Orográficas.

La parte alta de este Distrito, está ubicada en el Valle del Río Actopan. Su límite superior se encuentra a 140 Mts/nivel del mar, su límite inferior tiene una altitud de 60 Mts.

En su parte baja, se localiza sobre la planicie costera del Golfo de México. Comprende una faja paralela al litoral con altitud entre 15 a 60 Mts./nivel del mar.

En el Oeste del área, la topografía asciende gradualmente hacia las prominencias orográficas principales. El Cofre de Perote y sierras originadas por plegamientos de rocas sedimentarias marinas de edad cretácica, con elevaciones promedio de 2 500 Mts./nivel del mar.

Por el Norte, la sierra más cercana corresponde a la de Naolinco.

### C) Factores Ecológicos y Edáficos.

- 1) Estudios Agrológicos. Los resultados del análisis de suelos identificaron 5 series<sup>1/</sup>. Las características de estos suelos, se describen a continuación, (Cuadro # 1).

Serie Modelo. Estos suelos son los mejores en todo el Distrito, la topografía es plana y de pendiente leve. Son profundos, con textura de migajón arcilloso-arenoso, de compactación y consistencia media y muy porosa. De estructura granular

---

<sup>1/</sup> Estratificación orográfica basada en la uniformidad (pendiente) de los suelos.

## C U A D R O # 1

DISTRITO DE RIEGO ACTOPAN, VER.  
 CLASIFICACION DE LOS SUELOS POR SERIES, TIPOS Y CLASES  
 (HECTAREAS)

| CLASE DE SUELO <sup>2/</sup> | I     | II    | III   | IV    | V   | SUMA   |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|
| SERIES                       |       |       |       |       |     |        |
| ACTOPAN                      |       | 302   | 3 143 | 1 343 | 588 | 5 376  |
| MODELO                       | 3 337 | 1 384 |       |       | 33  | 4 754  |
| ZEMPOALA                     | 616   | 507   |       | 990   |     | 2 113  |
| GALVAN                       | 243   | 701   | 542   | 15    |     | 1 501  |
| CARDEL                       |       | 703   |       |       |     | 703    |
| SUMA                         | 4 196 | 3 597 | 3 685 | 2 348 |     | 14 447 |
| CLASE <sup>2/</sup>          | I     | II    | III   | IV    | V   | SUMA   |
| TIPO                         |       |       |       |       |     |        |
| ARCILLOSO                    |       | 1 295 | 3 143 | 1 343 | 588 | 6 369  |
| ARCILLOLIMOSO                |       | 162   |       |       | 33  | 195    |
| ARCILLOARENOSO               | 857   | 1 208 | 542   | 1 005 |     | 3 612  |
| MIGAJON ARCI-<br>LLOSO       |       | 588   |       |       |     | 588    |
| MIGAJON ARCI-<br>LLOARENOSO  | 3 339 |       |       |       |     | 3 339  |
| MIGAJONARENOSO               |       | 344   |       |       |     | 344    |
| SUMA                         | 4 196 | 3 597 | 3 685 | 2 348 | 621 | 14 447 |

FUENTE: Información proporcionada por Estudios y Proyectos, S.A.,  
 Depto. Agronomía.

<sup>2/</sup> Clasificación agrológica basada en los rendimientos físicos  
 por Ha. en orden decreciente del I al V.

terronosa chica, el drenaje superficial e interno es eficiente. Su contenido de nitrógeno es bajo, el fósforo y el potasio se presentan en buena proporción, el calcio y el magnesio son abundantes.

Serie Actopan. La topografía dominante presenta pendientes variables entre 2 a 4 por ciento, el relieve es irregular. En esta serie abunda la pedregosidad superficial e interna, son de escaso espesor, compactación y consistencia media. El drenaje superficial e interno es eficiente a pesar de ser arcillosos. La cantidad de fósforo y potasio resulta baja, el contenido de calcio y magnesio es abundante, mientras que la proporción de potasio es adecuada.

Serie Zempoala. Son de topografía más o menos plana y de lomeríos suaves, buena profundidad, con horizontes arcillosos y arenosos, de compactación y consistencia media a fuerte, porosos de estructura terronosa.

El drenaje superficial e interno es eficiente. El contenido de nutrientes es bajo en nitrógeno, variable en fósforo y potasio, adecuado en calcio y magnesio.

Serie Galván. Esta serie tiene topografía de lo meríos o de pequeñas mesetas, no existen problemas de drenaje superficial e interno pero sí por relieve. De textura arcillo-arenosa y migajón arcillo-arenoso, de consistencia y compactación fuerte.

Son suelos pobres en fósforo y nitrógeno, el contenido de calcio y magnesio es abundante, la proporción de potasio es adecuada.

Serie Cardel. Estos suelos tienen una topografía plana con leve pendiente, ocupan las partes bajas. De textura arcillosa, compactación y consistencia fuerte, esto ocasiona problemas de mal drenaje.

Son pobres en nitrógeno y fósforo, la proporción de potasio, calcio y magnesio es excelente.

- 2) Hidrografía y Estudios Hidrométricos; de acuerdo con la regionalización establecida por la Dirección de Hidrología de la S.A.R.H. la cuenca del Río Actopan pertenece a la región hidrológica # 28.<sup>3/</sup>

El Río Actopan nace a 3 000 Mts. de altitud en las faldas del Cofre de Perote. En la Cuenca de este Río, ope

<sup>3/</sup> Información proporcionada por el Depto. de Hidrología, E.Y.P.S.A.

C U A D R O # 2  
 ESCURRIMIENTOS ANUALES OBSERVADOS EN LA CUENCA  
 DEL RIO ACTOPAN, (MILLONES DE MTS.<sup>3</sup> )

| ESTACION<br>AÑO | NOALINCO | EL ZETAL | ACTOPAN | IDOLOS | EL NARANJILLO |
|-----------------|----------|----------|---------|--------|---------------|
| 1949            | 23       |          |         |        |               |
| 1950            | 37       |          |         |        |               |
| 1951            | 21       |          | 473     |        |               |
| 1952            | 31       |          | 751     |        |               |
| 1953            | 05       | 411      | 468     |        |               |
| 1954            | 17       | 465      | 574     |        |               |
| 1955            |          | 840      | 939     |        |               |
| 1956            |          | 602      | 620     |        |               |
| 1957            | 07       | 416      | 468     |        |               |
| 1958            | 12       | 491      | 551     |        |               |
| 1959            |          | 499      | 548     |        |               |
| 1960            |          | 417      | 502     |        |               |
| 1961            |          | 421      | 526     |        |               |
| 1962            |          | 393      | 494     |        |               |
| 1963            |          | 363      | 446     |        | 395           |
| 1964            |          | 325      | 343     | 56     | 168           |
| 1965            |          | 344      | 346     | 111    | 341           |
| 1966            |          |          | 430     | 142    | 526           |
| 1967            |          |          | 441     | 92     | 429           |
| 1968            |          |          | 382     | 86     | 398           |
| 1969            |          |          | 539     | 176    | 941           |
| 1970            |          |          | 498     | 101    | 488           |
| 1971            |          |          | 452     | 73     | 374           |
| 1972            |          |          | 583     | 184    | 689           |
| 1973            |          |          | 601     | 167    | 694           |
| PROMEDIO        | 19       | 461      | 521     | 119    | 486           |

FUENTE: Información proporcionada por Estudios y Proyectos, S.A.  
 Depto. Hidrología.



ran las siguientes estaciones hidrométricas.

Estación Naolinco. Se localiza sobre Río Naolinco, afluente por margen izquierda del Río Actopan, drena un área neta de 28 Km.<sup>2</sup>.

Estación El Zetal. El Río Acatlán aporta por margen izquierda al Río Actopan, su área aportadora es de 740 Km.<sup>2</sup>.

Estación Actopan. Se encuentra sobre el Río Actopan, capta un área de 844 Km.<sup>2</sup>.

Estación Idolos. Dentro del Distrito de Riego Actopan, afluye el colector su principal afluente por margen derecha, el Río Idolos. Con el fin de conocer los volúmenes que esta corriente aporta al Distrito de Riego, la S.R.H. instaló en esta corriente la Estación Idolos, ésta tiene un área neta de 455 Km.<sup>2</sup>.

Estación El Naranjillo. Se ubica sobre el Río Actopan, drena una cuenca de 1 933 Km.<sup>2</sup>, cuyos escurrimientos están parcialmente aprovechados en el Distrito de Riego # 65, del Río Actopan.

Los escurrimientos anuales observados en las estaciones hidrométricas descritas, son presentados en el cu

dro # 2.

- 3) Incidencia de Fenómenos Climatológicos; como resultado de la ubicación geográfica del área en estudio, los daños causados a la agricultura por vientos e inundaciones, son frecuentes.

Los principales fenómenos climatológicos que inciden en la región son: vientos alucios, ciclones e inundaciones. El período crítico de incidencia para las perturbaciones señaladas es de Junio a Octubre, en Julio se presentan los vientos alucios con velocidades máximas de 34 Mts./Seg., los ciclones con velocidades mayores a los 57 Mts./Seg., se presentan durante los meses de Agosto y Septiembre principalmente, Cuadro # 3.

Lluvias. En la parte baja de la Cuenca del Río Actopan, la precipitación mínima corresponde al Valle del Río Actopan, con una lámina promedio de 834 mm. La precipitación máxima se registra en la planicie costera, con un promedio de 1 300 mm.

El período de mayor concentración comprende los meses de Junio a Octubre, en los que se acumula del 85 al 90 por ciento de la precipitación anual, con valores máximos en Julio. El estiaje abarca de Noviembre a Abril, con llu

C U A D R O # 3  
 VIENTOS MAXIMOS REGISTRADOS EN LA ESTACION  
 METEOROLOGICA DE VERACRUZ, VER.  
 (MTS./SEG.)

| A Ñ O | M E S E S |        |            |         |
|-------|-----------|--------|------------|---------|
|       | JULIO     | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE |
| 1960  | 24.6      | 22.3   | 26.7       | 32.6    |
| 1961  | 27.6      | 29.7   | 21.9       | 34.5    |
| 1962  | 49.0      | 28.2   | 23.6       | 22.5    |
| 1963  | 25.9      | 24.5   | 28.2       | 27.0    |
| 1964  | 20.7      | 25.2   | 20.6       | 27.5    |
| 1965  | 32.3      | 29.8   | 26.0       | 46.9    |
| 1966  | 24.0      | 29.3   | 24.9       | 34.0    |
| 1967  | 29.9      | 26.9   | 57.2       | 41.4    |
| 1968  | 31.4      | 80.0   | 24.7       | 37.0    |
| 1969  | 29.4      | 21.7   | 33.8       | 36.9    |
| 1970  | 35.0      | 35.0   | 37.8       | 51.2    |
| 1971  | 28.0      | 24.4   | 25.4       | 28.3    |
| 1972  | 22.1      | 21.6   | 24.6       | 23.0    |
| 1973  | 21.5      | 25.8   | 19.9       | 26.6    |

FUENTE: Estación Meteorológica de Veracruz, Ver.

vias mínimas en este mes.

Temperaturas: Las mínimas se presentan en el Valle del Río Actopan, las que empiezan a ascender a medida que se avanza hacia la planicie costera.

La temperatura media anual es de 24.4°C, con media máxima en 25.9°C y media mínima de 11.5°C. La incidencia de heladas es de 0.

## CAPITULO II

### ESTRUCTURA AGROPECUARIA ACTUAL

Es el objetivo en este Capítulo, revisar el comportamiento de áreas y rendimientos para la zona en estudio. Las explotaciones significativas por su extensión y productos, se obtuvieron mediante el análisis en una serie de tiempo, 1961 a 1974.

#### A) Superficie Cosechada y Valor de la Producción por ha.

El análisis de los registros para superficie cosechada, muestra el alto grado de desaprovechamiento de la tierra. El promedio de superficie cosechada al año resultó ser de 5 626 Ha., 40.7% de la disponibilidad neta, estimada en 13 819 Ha.<sup>1/</sup>

Con objeto de definir la tendencia en la superficie cosechada, se recurrió al estudio del comportamiento de esta variable, por grupos o estratos en función del tiempo.

Los resultados obtenidos muestran una media de 6828.6 ha. para los primeros 7 años y 4424.0 ha. para el resto del período. Para los primeros 5 años la media resultó de 6795.4 hs., 5436.2 ha. para los siguientes y 4548.8

---

<sup>1/</sup> Disponibilidad neta, una vez descontadas las superficies requeridas para obras de riego.

C U A D R O # 4

SUPERFICIE COSECHADA Y VALOR DE LA PRODUCCION  
 DISTRITO DE RIEGO ACTOPAN, PRECIOS BASE 1974

| AÑO  | SUPERFICIE HAS. | VALOR DE PRODUCCION (\$) | INDICE DE PRECIOS |
|------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| 1961 | 7 391           | 43 130 428               | .615              |
| 1962 | 5 118           | 25 049 658               | .579              |
| 1963 | 6 699           | 44 067 761               | .632              |
| 1964 | 7 205           | 42 476 171               | .590              |
| 1965 | 7 564           | 47 935 663               | .544              |
| 1966 | 8 484           | 54 188 933               | .531              |
| 1967 | 5 339           | 27 528 776               | .424              |
| 1968 | 4 396           | 25 081 965               | .632              |
| 1969 | 3 828           | 21 083 096               | .681              |
| 1970 | 5 134           | 30 545 553               | .681              |
| 1971 | 3 911           | 19 870 872               | .932              |
| 1972 | 3 315           | 22 935 047               | .956              |
| 1973 | 5 107           | 37 695 065               | .967              |
| 1974 | 5 277           | 37 563 152               | 1.00              |

FUENTE: Dirección de Estadística y Estudios Económicos. SRH.

Has. para los últimos 5 años.

El valor de la producción en el área de estudio, durante los 14 años observados, muestra una clara situación de estancamiento, así como constantes fluctuaciones en años sucesivos. Esto último resultado de la incidencia de fenómenos climatológicos.

Con el propósito de profundizar en el análisis del producto real, se procedió a obtener un índice de precios que permitiera comparar los valores de producción, libres de la influencia monetaria. La canasta de bienes considerados obtuvo más del 90% en el valor de la producción y arriba del 90% en el área cosechada. Para cada uno de los años estudiados se utilizó el método de ponderaciones fijas de Laspeyre<sup>2/</sup> con año base en 1974.

La introducción del índice de precios demuestra que el aparente crecimiento en el valor de la producción a precios nominales es engañoso. Resultado en su totalidad de factores monetarios (Cuadro # 4).

El decrecimiento observado en las cifras del producto real, de 40.625 millones de pesos en promedio, pa-

<sup>2/</sup> Índice de Precios (mediante agregados ponderados) =  $\frac{\sum P_n Q_0}{\sum P_0 Q_0}$

ra la primera mitad del período considerado a 27.825 millones de pesos para los últimos 7 años, es resultado de la disminución en superficie cosechada, ya que el producto medio por Ha. a precios constantes, se incrementó de 5 869 a 6 239 pesos, durante los períodos señalados.

El incremento del producto real por ha., es explicado por los cambios en las participaciones relativas de los cultivos. Esta redistribución no siempre ha sido la más adecuada, como en el caso de arroz por pastizales, en la que el primero fue desplazado de sus mejores suelos, ubicados en las partes bajas. Esto explica el decrecimiento en el producto real por ha. a 5 908 pesos en promedio para los primeros 5 años a 5 741 pesos en los siguiente 5 años, el producto real por ha. en los últimos 5 años subió a 6 492 pesos, debido al incremento en caña de azúcar.

B) Rendimientos por Ha. y Participación Relativa de los Cultivos.

El área cosechada en el Distrito de Riego Actopan es cubierta por un grupo reducido de productos. El 80% corresponde a caña de azúcar, arroz y maíz. Otro 15% corresponde a pastos, frijol y tomate. El comportamiento de áreas y rendimientos se analiza a continuación. (Cua-



dros 5 y 6).

Caña de Azúcar: El rendimiento medio por ha. es de 80.0 Ton. durante la serie de tiempo utilizada, con un rendimiento mínimo promedio de 66.7 Tons. por ha. y máximo de 93.2 Ton. por ha.

La participación en superficie cosechada en caña de azúcar, ha sido variable y con tendencia creciente. 48% para los primeros 5 años, 43% para los siguientes 5 años y 57% para el resto del período.

Maíz: El rendimiento medio por ha. resultó de 2.9 Ton., con un máximo promedio de 3.0 Ton. y mínimo promedio de 2.8 Ton. La participación relativa del maíz en la superficie cosechada, disminuye de 17% en promedio para la primera mitad del período, hasta 12% en promedio para el resto del mismo.

Arroz: El rendimiento promedio de este cultivo disminuye de 3.3 Ton. por ha. para los primeros 7 años a 2.7 Ton. durante los últimos 7 años, con rendimiento máximo promedio de 3.5 Ton. y mínimo promedio en 2.5 Ton. La superficie cosechada decrece en más de un 50% duran-

C U A D R O # 5  
 RENDIMIENTO MEDIO DE LOS CULTIVOS  
 DISTRITO DE RIEGO ACTOPAN, KGS./HA.

| ANO<br>CULTIVO | 1963   | 1964   | 1965   | 1966   | 1967   | 1968   | 1969    | 1970   | 1971   | 1972   | 1973   | 1974   |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ARROZ          | 5,725  | 2,347  | 3,458  | 3,000  | 3,001  | 2,537  | 2,357   | 2,553  | 2,499  | 2,529  | 2,526  | 3,476  |
| CANA DE AZUCAR | 87,797 | 90,000 | 85,772 | 79,900 | 60,410 | 67,174 | 121,811 | 50,105 | 63,198 | 88,995 | 85,001 | 79,444 |
| FRIJOL         | 1,206  | 1,088  | 0,844  | 1,538  | 1,500  | 1,500  | 1,499   | 1,499  | 1,496  | 1,289  | 1,295  | 1,293  |
| JIJOMATE       | 9,000  | 8,000  | 8,000  | 8,865  | 8,000  | 8,000  | 8,000   | 8,000  | 8,000  | 7,946  | 7,973  | 7,944  |
| MAIZ           | 2,166  | 2,871  | 3,058  | 3,002  | 3,002  | 3,002  | 3,001   | 3,001  | 2,998  | 3,000  | 3,000  | 3,072  |

FUENTE: Dirección de Estadística y Estudios Económicos. SRII.

PARTICIPACION RELATIVA DE LOS CULTIVOS EN LA SUPERFICIE COSECHADA

DISTRITO DE RIEGO ACTOPAN

| CULTIVO<br>AÑO | CAÑA DE<br>AZUCAR | MAIZ | FRIJOL | ARROZ | PASTOS | TOMATE | OTROS |
|----------------|-------------------|------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 1961           | 25.0              | 22.0 | 15.0   | 34.0  | -      | 1.00   | 3.7   |
| 1962           | 69.0              | 18.0 | 6.0    | -     | -      | 2.00   | 4.8   |
| 1963           | 45.0              | 19.0 | 6.0    | 22.0  | -      | 0.85   | 7.0   |
| 1964           | 46.0              | 12.0 | 4.0    | 36.0  | -      | 0.40   | 1.6   |
| 1965           | 54.0              | 10.0 | 7.0    | 18.0  | 8.0    | 1.40   | 1.2   |
| 1966           | 62.0              | 14.0 | 8.0    | 6.0   | 4.0    | 0.60   | 4.5   |
| 1967           | 55.0              | 22.0 | 5.0    | 9.0   | 6.0    | 0.02   | 0.9   |
| 1968           | 29.0              | 15.0 | 9.0    | 37.0  | 8.0    | 1.00   | 0.7   |
| 1969           | 32.0              | 14.0 | 7.0    | 33.0  | 12.0   | 1.00   | 1.4   |
| 1970           | 35.0              | 15.0 | 5.0    | 24.0  | 17.0   | 1.30   | 2.7   |
| 1971           | 43.0              | 16.0 | 7.0    | 16.0  | 13.0   | 2.10   | 2.2   |
| 1972           | 58.0              | 11.0 | 3.0    | 10.0  | 12.0   | 3.00   | 2.7   |
| 1973           | 75.0              | 6.0  | 1.0    | 6.0   | 11.0   | 1.20   | 2.1   |
| 1974           | 73.0              | 7.0  | 3.0    | 3.0   | 10.0   | 1.30   | 3.3   |

FUENTE: Dirección de Estadística y Estudios Económicos. S.R.H. e Investigación directa.

te los 14 años observados. De 27.5% en el primer tercio, pasó a 22.0% en el segundo tercio y 12.0% en los últimos cinco años.

Frijol: El área dedicada a frijol, muestra una tendencia ligeramente decreciente de 7.0% para los primeros 7 años a 5.0% para el resto del período. Los rendimientos medios por ha., son de 1.3 Ton. para la primera mitad de la serie de tiempo considerada, a 1.4 Ton. en el resto del período, con un rendimiento máximo promedio de 1.5 Ton. por ha. y mínimo promedio de 1.2.

Tomate: No obstante que este cultivo ha incrementado su participación relativa, de 0.9% a 1.6% para la primera y segunda mitad del período estudiado, el área dedicada al cultivo de tomate es muy reducida. Los rendimientos por ha. se han mantenido relativamente estables en 8.0 Ton. aproximadamente.

Pastos: La tendencia de la ganadería en la zona, es creciente, en la actualidad se destina el 10.0% del área regada, a esta actividad.

La disminución en la superficie absoluta dedica-

da al cultivo de arroz y maíz, ha sido ganada por pastizales. Esto si consideramos que la superficie total sólo disminuyó un 20.0%.

C) Diagnóstico.

Con la baja en la participación del frijol en la superficie cosechada, el índice de ocupación de la tierra (superficie cosechada/área física) prácticamente resulta igual a la unidad, ya que el resto de los cultivos (Cuadro # 6) sólo ocupan la tierra de julio a diciembre como se comprobará al revisar el calendario de siembra y cosecha en el capítulo siguiente.

Este desplazamiento del frijol y otros cultivos cíclicos -maíz y arroz- por la caña y los pastos -más intensivos en capital que los primeros- se ha visto recompensado por un incremento en el valor de la producción por hectárea cosechada (\$1974).

Este incremento en el producto real por hectárea no es capaz de eliminar la tendencia decreciente en el producto total a precios constantes, ocasionado por una disminución en la superficie cosechada.

El resultado de esta situación ha sido una contracción de la economía agrícola en términos reales.

## CAPITULO III

UN MODELO MATEMATICO DE OPTIMIZACION EN LA  
PROGRAMACION DE ACTIVIDADES AGROPECUARIASA) Definición del Problema.

El modelo que se utilizará para plantear el problema será del tipo lineal, y el método de solución empleado es SIMPLEX.

La solución del modelo producirá resultados confiables sólo en la medida que el modelo sea representativo del problema original. Si el problema no ha sido modelado apropiadamente, su solución puede llevar a resultados dudosos o completamente erróneos.<sup>1/</sup>

En esta etapa se identifican las variables de de ci si ón que definen el modelo y se especifica la interacción entre ellas para definir el objetivo en términos de las variables de decisión señaladas. Finalmente, se establecen las restricciones que deberá satisfacer el mode lo.

---

<sup>1/</sup> Ing. Eladio Sáenz Quiroga, Problemas de Optimización. Facultad de Economía, UANL. 1970, P. 42-49.

El problema de programación lineal queda planteado en forma genérica en los siguientes términos:

$$\text{Optimizar la función } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_NX_N$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \quad b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \quad b_2$$

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \quad b_m$$

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

Este problema contiene N variables y M restricciones.

Mientras que las variables de la función objetivo representan las superficies en hectáreas de cada uno de los cultivos con posibilidades de ser establecido, los valores de los coeficientes están dados en pesos de utilidad por hectárea.

Los cultivos representados en cada una de las va-

riables de decisión se seleccionaron de conformidad a los suelos en condiciones de riego, el clima prevaleciente y los cultivos que actualmente se producen en la zona (Cuadro # 7).

La función objetivo podría representar valor de producción, valor agregado, utilidad, etc.

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

Las restricciones representan limitación de los recursos disponibles, capacidad de producción o valores mínimos de demandas por producto, etc.

$$b_1 \dots b_M$$

B) Valores de Producción y Costos por Ha. de los Cultivos Seleccionados, para determinar los Valores de Utilidad en los Coeficientes de las Variables Significativas.

El análisis de los costos de cultivo constituye un renglón sumamente importante en la toma de decisiones de inversión y gasto, para el desarrollo de proyecto y en la planeación de actividades del sector agropecuario.

Los costos de cultivo participan directamente en las fórmulas e influyen en los resultados de "Parámetros o Indicadores Económicos" que se usan fundamentalmente para evaluar los proyectos agrícolas, Cuadro # 8.



OCUPACION MENSUAL DE LA TIERRA

|                     | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X-1 Arroz           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-2 Frijol          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-3 Maíz            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-4 Maíz            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-5 Sorgo           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-6 Sorgo           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-7 Ajonjolí        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-8 Soya            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-9 Soya            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-10 Cebolla        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-11 Tomate         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-12 Caña de Azúcar |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| X-13 Pastos         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

FUENTE: Centro Experimental Cotaxtla.

VALORES DE PRODUCCION, COSTOS Y UTILIDAD POR HA.  
EN LOS CULTIVOS SELECCIONADOS, (\$) 1974.

|          | (1)                          | (2)                | (3) = (1) (2)            | (4)                   | (5)                |
|----------|------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|
|          | RENDIMIENTOS<br>TON. POR HA. | PRECIOS<br>\$/TON. | VALOR DE PROD.<br>\$/HA. | COSTO DE<br>PROD./HA. | UTILIDAD<br>\$/HA. |
| Arroz    | 3.0                          | 3 000.0            | 9 000.0                  | 6 500.0               | 2 500.0            |
| Maíz     | 3.0                          | 2 000.0            | 6 000.0                  | 3 600.0               | 2 400.0            |
| Sorgo    | 4.0                          | 1 600.0            | 6 400.0                  | 3 600.0               | 2 800.0            |
| Ajonjolí | 1.0                          | 5 000.0            | 5 000.0                  | 3 000.0               | 2 000.0            |
| Frijol   | 1.5                          | 5 000.0            | 7 500.0                  | 4 500.0               | 3 000.0            |
| Soya     | 2.0                          | 3 500.0            | 7 000.0                  | 4 000.0               | 3 000.0            |
| Cebolla  | 8.0                          | 1 500.0            | 12 000.0                 | 8 000.0               | 4 000.0            |
| Tomate   | 8.0                          | 2 000.0            | 16 000.0                 | 12 000.0              | 4 000.0            |
| Caña     | 100.0                        | 120.0              | 12 000.0                 | 9 000.0               | 3 000.0            |

FUENTE: Información proporcionada por el Centro Experimental Cotaxtla.

Valores de producción por Ha.. Se consideran los rendimientos esperados en toneladas por ha., así como los precios medios rurales. En el caso de los cultivos perennes, los costos de establecimiento deberán ser prorratados al valor presente durante la etapa productiva.

Para el caso de la ganadería se consideró una capacidad de 3 animales por hectárea, durante 6 meses de pastoreo y rendimiento de 180 kilogramos de carne por animal, el precio de la carne en pie es de 10.0 pesos por kilogramo.

Los técnicos del Centro Experimental Cotaxtla, recomendaron una amortización anual de 1 200 pesos por hectárea y 1 200 pesos adicionales por concepto de mano de obra al salario mínimo de 40.0 pesos diarios.

### C) Establecimiento de las Restricciones de Programación.

A continuación se describen las restricciones que se tomaron en consideración para formular los programas locales de actividad.

- 1.- De acuerdo a los estudios agrológicos, la disponibilidad de suelos agrícolas apropiados para po

nerse bajo riego es de 14 447 has. brutas, equivalentes a 13 819 has. netas. Una vez descontadas las superficies para obras de riego.

La ocupación mensual de la tierra, responde a una eficiencia real del 80% de la superficie neta por explotar, 11 050 has.

Los cultivos perennes son altamente redituables - pero requieren varios años para alcanzar la etapa productiva. Por esta razón, se considera conveniente limitarlos a la superficie actual, 3 500 has. para caña de azúcar y 500 para pastos.

2.- Restricciones hidrológicas. Como se indicó en el capítulo primero, la fuente de abastecimiento de agua para riego la constituye el Río Actopan. Este dispone de una presa derivadora que aprovecha los escurrimientos de estiaje que son del orden de 10 Mts.<sup>3</sup> por segundo.

El procedimiento empleado para la determinación de las láminas de riego<sup>2/</sup> se fundamenta en el método de Blaney-Criddle, que correlaciona datos climatológicos con

---

<sup>2/</sup> Láminas de riego, Volumen en Mts.<sup>3</sup> por Ha. Base por altura, esta última en cms.

los usos consuntivos. Se considera una eficiencia de riego del 85% en la conducción por los canales y 70% en la parcela, (Cuadro # 9).

3.- Otros factores productivos capaces de limitar la función de producción agrícola y que en este problema no han sido establecidos como restrictivos son:

- Crédito Refaccionario y de Avío
- Maquinaria e Implementos Agrícolas
- Mano de Obra.

En este trabajo se ha considerado la posibilidad de disponer las cantidades requeridas de estos factores, dada su elasticidad de la oferta diferente de cero.

Sólo han sido considerados como factores restrictivos aquéllos con una oferta constante.

Las restricciones agrológicas por clase de suelo, obligarán a los cultivos de un mismo ciclo agrícola (aquéllos que compiten por la tierra en uno o más meses del año) a demandar sólo aquellas superficies aptas para alcanzar los rendimientos esperados.

DEMANDA DE AGUA, EFICIENCIA DE 60%  
LAMINAS DE RIEGO EN CMS.<sup>3/</sup>

| CULTIVO        | MES | E   | F    | M    | A    | M    | J     | J   | A    | S    | O    | N    | D    |
|----------------|-----|-----|------|------|------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|
| Arroz          |     |     |      |      |      |      | 50.00 |     | 57.8 | 60.5 | 42.3 | 5.8  |      |
| Frijol         |     |     | 8.3  | 20.0 | 22.7 | 5.2  |       |     |      |      |      |      |      |
| Maíz           |     | 8.3 | 16.8 | 26.0 | 28.8 | 19.5 |       |     |      |      |      |      |      |
| Maíz           |     |     |      |      |      |      |       |     |      | 8.3  | 14.2 | 8.5  |      |
| Sorgo          |     | 8.3 | 16.8 | 26.0 | 28.8 |      |       |     |      |      |      |      | 4.8  |
| Sorgo          |     |     |      |      |      |      |       |     |      |      | 19.0 | 15.3 |      |
| Ajonjolí       |     |     |      |      |      |      |       |     |      |      | 12.5 | 15.7 | 7.2  |
| Soya           |     | 8.3 | 10.5 | 20.7 | 24.5 | 9.3  |       |     |      |      |      |      |      |
| Soya           |     |     |      |      |      |      |       |     |      |      | 12.7 | 15.0 | 4.2  |
| Cebolla        |     | 4.2 | 13.5 | 19.2 | 17.7 | 5.2  |       |     |      |      |      |      |      |
| Tomate         |     |     |      |      |      |      |       |     |      |      |      |      |      |
| Caña de Azúcar |     | 8.3 | 8.3  | 12.0 | 18.0 | 20.2 | 8.3   |     |      |      | 10.0 | 15.0 | 15.0 |
| Pastos         |     | 8.3 | 9.0  | 17.0 | 24.2 | 25.2 | 8.5   | 8.3 | 8.3  | 8.3  | 12.5 | 8.3  | 8.3  |

FUENTE: Depto. de Agronomía, E.Y P.S.A.

<sup>3/</sup> Blaney-Griddle, Al Volumen de demanda por agua de riego, es descontado el contenido de la precipitación pluvial.

MATRIZ ASOCIADA AL SISTEMA DE ECUACIONES

| Variables                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13        |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| (F) Objetivo               | 2.5 | 3.0 | 2.4 | 2.4 | 2.8 | 2.8 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0       |
| <u>OCUPACION DE TIERRA</u> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |           |
| Enero                      |     |     | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     | 1   | 1 ≤ 11050 |
| Febrero                    |     | 1   | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Marzo                      |     | 1   | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Abril                      |     | 1   | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Mayo                       |     | 1   | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Junio                      |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1         |
| Julio                      | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     |     | 1   | 1         |
| Agosto                     | 1   |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   |     |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Septiembre                 | 1   |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   |     |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Octubre                    | 1   |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   |     |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Noviembre                  | 1   |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   |     |     | 1   |     | 1   | 1         |
| Diciembre                  |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     | 1   |     | 1   | 1 ≤ 11050 |

RESTRICCION DE AGUA

|            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                                  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------------|
| Enero      |      |      | 8.3  |      | 8.3  |      |      | 8.3  |      | 4.2  |      | 8.3  | 8.3 ≤ 10 mts. <sup>3</sup> /Seg. |
| Febrero    |      | 8.3  | 16.8 |      | 16.8 |      |      | 10.5 |      | 13.5 |      | 8.3  | 9.0                              |
| Marzo      |      | 20.0 | 26.0 |      | 26.0 |      |      | 20.7 |      | 19.2 |      | 12.0 | 17.0                             |
| Abril      |      | 22.7 | 28.8 |      | 28.8 |      |      | 24.5 |      | 17.7 |      | 18.0 | 24.2                             |
| Mayo       |      | 5.2  | 19.5 |      |      |      |      | 9.3  |      | 5.2  |      | 20.2 | 25.2                             |
| Junio      | 50.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8.3  | 8.5                              |
| Julio      | 57.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8.3  | 8.3                              |
| Agosto     | 60.5 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8.3  | 8.3                              |
| Septiembre | 42.3 |      |      | 8.3  |      | 19.0 | 12.5 |      |      |      | 10.0 | 10.8 | 12.5                             |
| Octubre    | 5.8  |      |      | 14.2 |      | 15.3 | 15.7 |      | 12.7 |      | 15.0 | 9.5  | 8.3                              |
| Noviembre  |      |      |      | 8.5  |      | 4.8  | 7.2  |      | 15.0 |      | 15.0 | 8.3  | 8.3 ≤ 10 mts. <sup>3</sup> /Seg. |
| Diciembre  |      |      |      |      |      |      |      |      | 4.2  |      |      | 8.3  | 8.3                              |





## CAPITULO IV

## RESULTADO DEL PROBLEMA

A) Resumen del Programa de Cultivos para Máxima Utilidad de los Agricultores. (Cuadro # 11).

Los resultados de optimización que definen el posible programa de actividades agropecuarias, se presentan a continuación:

$$\text{Función objetivo} = C_6X_6 + C_8X_8 + C_9X_9 + C_{10}X_{10} +$$

$$C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + C_{13}X_{13} = 54\ 600$$

Es igual a  $\sum C_N X_N$  en donde C es utilidad en pesos por hectárea y X valores de superficie por hectárea.

|                 | Cultivo        | Superficie<br>(has.) | Utilidad<br>\$ 1974      |
|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------|
| X <sub>6</sub>  | Sorgo          | 3 500                | 9 800 000                |
| X <sub>8</sub>  | Soya           | 6 550                | 19 650 000               |
| X <sub>9</sub>  | Soya           | 3 050                | 9 150 000                |
| X <sub>10</sub> | Cebolla        | 500                  | 2 000 000                |
| X <sub>11</sub> | Tomate         | 500                  | 2 000 000                |
| X <sub>12</sub> | Caña de Azúcar | 3 500                | 10 500 000               |
| X <sub>13</sub> | Pastos         | 500                  | 1 500 000                |
|                 |                | 18 100               | 54 600 000 <sup>1/</sup> |

$$\underline{1/} \quad 54\ 600\ 000 = \sum C_N X_N$$

USO DE LA TIERRA DE ACUERDO A LA SOLUCION DEL MODELO

(HAS.)

| CULTIVO        | MES    | E      | F      | M      | A      | M      | J     | J      | A      | S      | O      | N      | D      |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Caña de azúcar | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500 | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  |
| Pastos         | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    | 500   | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    |
| Cebolla        | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    | 500   | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    |
| Tomate         |        |        |        |        |        |        |       |        | 500    | 500    | 500    | 500    | 500    |
| Sorgo          |        |        |        |        |        |        |       | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  | 3 500  |
| Soya           | 6 550  | 6 550  | 6 550  | 6 550  | 6 550  | 6 550  | 3 050 | 3 050  | 3 050  | 3 050  | 3 050  | 3 050  | 3 500  |
| Total          | 11 050 | 11 050 | 11 050 | 11 050 | 11 050 | 11 050 | 4 000 | 10 550 | 11 050 | 11 050 | 11 050 | 11 050 | 11 050 |

FUENTE: Resultados de optimización y Ocupación Mensual de la Tierra.

La máxima utilidad generada en el complejo de producción es 54 600 000 pesos, con derramá de 3 020 pesos - por hectárea cosechada y 3 950 pesos por hectárea física.

El Índice de Ocupación de la tierra (superficie cosechada/Superficie física neta) es de 1.3.

Estas metas demandarán acciones coordinadas de las diferentes instituciones públicas y privadas encargadas del desarrollo rural.

Será prioritario movilizar las cantidades requeridas de los factores productivos no restrictivos (Capital y mano de obra).

A partir de los resultados del problema de optimización, es posible evaluar (en base a coeficientes técnicos bien definidos) los requerimientos de capital circulante y mano de obra.

Formulación de los Programas de Crédito. La determinación de los costos reales de producción por actividad y por cultivo, convenientemente apoyada en cocientes resultado de la experiencia previa<sup>2/</sup>, permitirá a las instituciones de crédito adecuar su política de finanzas.  
2/ Ejemplo: Crédito de Avío/Costo total.

ciamiento de manera que responda a los requerimientos reales de la producción.

Paralelamente esta técnica puede constituir un valioso elemento en las evaluaciones financieras que se realizan para otorgar los créditos refaccionarios (maquinaria y equipo agrícola).

Este trabajo presupone que no habrá limitaciones de mano de obra, ya que sería hipotéticamente posible movilizar la fuerza de trabajo necesaria al costo marginal equivalente al salario mínimo considerado en el costo de producción por hectárea.

#### B) Análisis de Sensibilidad.

A partir de los resultados de optimización, se calcularán los excedentes de los factores de producción (excedentes, Pág.40).

El factor de producción agua, a pesar de haber sido incluido como una restricción en el problema de optimización, resulta un factor excedente con respecto al stock (inventario) de recursos físico-económicos considerados en el problema (Pág. 40 Renglón 13...24, las cifras en cientos de Mts.<sup>3</sup> por mes).

La restricción de tierra laborable, resulta una limitante en 10 de los 12 meses del año, lo que indica una muy buena utilización del recurso escaso (tierra laborable), basada en la cédula de cultivos para máxima utilidad (Renglón 2 ... 12, en hectáreas).

El costo de oportunidad al sembrar un cultivo de terminado, son las oportunidades que se han perdido al prescindir de otra actividad o cultivo (costo de oportunidad, Pág. 40 ).

Ejem.: El costo de oportunidad para una hectárea de arroz, resulta de 500 pesos al sacrificar una hectárea de soya - que resulta la alternativa más favorable, excluidos el sorgo y el maíz de la competencia por el recurso escaso tierra (costo de oportunidad, variable  $X_1$ ).

El Precio Sombra. Corresponde al valor del producto marginal, de la última unidad del factor variable, empleada en la producción (columna precio sombra, pag. 40).

Ejem.: Cuando la utilidad marginal es igual a cero en la columna precio sombra, esto significa que al añadir una unidad más del factor variable, bajo las limitaciones establecidas, el valor producto marginal o contribución marginal en la producción por parte del factor variable, dis

minuye debido al  $C_{mg} > I_{mg}$ .

Las restricciones de mercado (renglón 25 ... 28), muestran la cebolla y el tomate (renglón 25 y 26) limitados por las dimensiones del mercado. Los pastos y la Caña incurren en un costo  $m_g > \text{Ingreso } M_g$  y sólo han sido incluídos por la restricción empleada.

## VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO

54 600 000

| VARIABLE | HECTAREAS | COSTO DE OPORTUNIDAD |
|----------|-----------|----------------------|
| X1       | Arroz     | 0.0                  |
| X2       | Frijol    | 0.0                  |
| X3       | Maíz      | 0.8                  |
| X4       | Maíz      | 0.6                  |
| X5       | Sorgo     | 0.2                  |
| X6       | Sorgo     | 3500.0               |
| X7       | Ajonjolí  | 0.0                  |
| X8       | Soya      | 6550.0               |
| X9       | Soya      | 3050.0               |
| X10      | Cebolla   | 500                  |
| X11      | Tonate    | 500.0                |
| X12      | Caña      | 3500.0               |
| X13      | Pastos    | 500.0                |

| RENGLON        | EXCEDENTE | PRECIO SOMBRA |
|----------------|-----------|---------------|
| 1. Enero       | 0.0       | 0.0           |
| 2. Febrero     | 0.0       | 3.0           |
| 3. Marzo       | 0.0       | 0.0           |
| 4. Abril       | 0.0       | 0.0           |
| 5. Mayo        | 0.0       | 0.0           |
| 7. Julio       | 500.0     | 0.0           |
| 8. Agosto      | 0.0       | 0.2           |
| 9. Sept.       | 0.0       | 2.8           |
| 10. Octubre    | 0.0       | 0.0           |
| 11. Noviembre  | 0.0       | 0.0           |
| 12. Diciembre  | 0.0       | 0.0           |
| 13. Enero      | 169535.0  | 0.0           |
| 14. Febrero    | 150125.0  | 0.0           |
| 15. Marzo      | 63515.0   | 0.0           |
| 16. Abril      | 14725.0   | 0.0           |
| 17. Mayo       | 112385.0  | 0.0           |
| 18. Junio      | 225900.0  | 0.0           |
| 19. Julio      | 255050.0  | 0.0           |
| 20. Agosto     | 255050.0  | 0.0           |
| 21. Septiembre | 255050.0  | 0.0           |
| 22. Octubre    | 104915.0  | 0.0           |
| 23. Noviembre  | 115000.0  | 0.0           |
| 24. Diciembre  | 188890.0  | 0.0           |
| 25. Cebolla    | 0.0       | 1.0           |
| 26. Tomate     | 0.0       | 1.2           |
| 27. Caña       | 0.0       | -3.2          |
| 28. Pastos     | 0.0       | -3.2          |
| 29. Agr.       | 6950.0    | 0.0           |
| 30. Agr.       | 3923.0    | 0.0           |
| 31. Agr.       | 2668.0    | 0.0           |
| 32. Agr.       | 2769.0    | 0.0           |
| 33. Agr.       | 6950.0    | 0.0           |
| 34. Agr.       | 3923.0    | 0.0           |
| 35. Agr.       | 2668.0    | 0.0           |
| 36. Agr.       | 2769.0    | 0.0           |
| 6. Junio       | 7050.0    | 0.0           |

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hasta este punto el modelo nos ha permitido establecer un límite superior para la función de producción en términos de capacidad instalada, costos fijos constantes.

En términos económicos, este límite es definido por la capacidad de saturación en los factores de la producción constantes respecto a los factores de la producción variables, rendimientos decrecientes a escala.

El punto de equilibrio para una empresa bajo estas condiciones, podrá ser encontrado por aproximación - mediante un análisis de sensibilidad respecto al capital variable.

La tendencia en el valor producto marginal del capital variable (maquinaria y equipo agrícola, crédito de avío, etc.) como respuesta a los cambios en la disponibilidad de este recurso, permitirá encontrar un punto óptimo de operación en donde ingreso marginal igual a - costo marginal.



La delimitación de un objetivo óptimo en términos de la teoría general de la empresa, constituye un valioso elemento de referencia en la evaluación de proyectos al - permitir delimitar los plazos de recuperación para el capital invertido.

Es aquí en donde la herramienta matemática toma - su real dimensión al permitir cuantificar una función objetivo sujeta a restricciones de carácter técnico, resulta un instrumento de gran utilidad en la medición de los beneficios generados por una corriente de inversión y gasto.

#### CONCLUSIONES:

El inventario de recursos físico económicos descrita en el Capítulo # 1, permitirá el logro de los objetivos planteados en los resultados del modelo (18 100 hectáreas de cultivos en dos ciclos agrícolas, de enero a - junio y de julio a diciembre). El punto de operación de la empresa como un todo, dependerá de sus costos e ingresos marginales.

Es posible satisfacer los intereses de los agricultores sin agotar las disponibilidades hidráulicas.

En general, la metodología de cálculo y los modelos matemáticos definidos, constituyen una herramienta cuyas posibilidades de aplicación son extraordinariamente variadas. Los resultados que de su empleo se obtengan, dependerá de la capacidad de quienes la utilicen, debido a que este instrumento es tan perfectible hasta niveles tan exactos como exactos sean los parámetros que se utilizan.

#### RECOMENDACIONES:

Se recomienda mejorar el aparato crediticio. Esto si consideramos que el crédito ilimitado es el único supuesto no real en la situación actual, y que con ese supuesto la solución del modelo da un total de 18 100 hectáreas contra las 5 626 hectáreas realmente cosechadas en promedio por año. La gran diferencia sólo puede ser provocada por la insuficiencia de crédito.

Se hace evidente -con base en los resultados del modelo-, la necesidad de sustituir los cultivos tradicionales (arroz y maíz) por otros más productivos, ya que la caña y los pastos tienen un precio sombra negativo.

Los programas de cultivo para máxima utilidad de

los agricultores tienen validez con base a los coeficientes técnicos y las restricciones calculados en el Capítulo III. Se hará necesario modificar la cédula de cultivos para máxima utilidad en virtud de los cambios exógenos y endógenos al sistema de ecuaciones lineales empleado.

## BIBLIOGRAFIA

- Castellanos Guzmán, Guillermo. El Papel de la Ingeniería de Sistemas en los Costos Agropecuarios. Sociedad Mexicana de Ingeniería de Costos, México, D.F., 1974.
- Dorfman, Samuelson, Solow. Programación Lineal y Análisis Económico, Editorial Aguilar, Barcelona España, 1974.
- Sáenz Quiroga, Eladio. Problemas de Optimización. Facultad de Economía, U.A.N.L., Monterrey, N.L. México, 1970.
- Secretaría de la Presidencia. Sector Agropecuario: Aspectos Metodológicos de la Programación, México, D.F., 1976.

