

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRICOLA

✓ LA PROGRAMACION LINEAL EN LA PLANIFICACION NACIONAL DE
NICARAGUA //

AMINTA MAIRENA GUADAMUZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
especialista en: Economía del Desarrollo
Rural

Chapingo, Méx. 1988

DEDICATORIA

A mi mamá, Aminta Guadamuz de Mairena, cuyo ejemplo de superación he tratado de imitar toda mi vida.

A mi amor, Jesús Francisco López Olguín, que me ha rodeado de cariño, apoyo y comprensión, sin lo cual no hubiera podido alcanzar esta meta.

A mis hijos Karla Vanessa, Tupac Amarú, Jesús Francisco y Edwin, Rosario, que son el rayo de luz que ilumina mi existencia y cuyas sonrisas han sembrado de flores este difícil camino.

A mis hermanos: Mirna de Jesús, Luisa Emilia, José Abén Yamil, Mary Lucy, Pablo Pong y Francisco Moreno, con amor, cariño y respeto.

A mis excelentes amigos: Marcos Portillo Vázquez, María Luisa Jiménez, Sergio Pastrana, Celia Sánchez, Margarita Olvera, Raimundo Ruiz y Carlos Delgado, por el apoyo moral que siempre me han proporcionado.

7.2608

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de Tesis y excelente amigo, M.C. Marcos Portillo Vázquez, por brindarme su experiencia para realizar el presente trabajo.

Al Dr. Ignacio Méndez Ramírez por el apoyo moral y calor humano brindada durante el transcurso de la Maestría.

A mi dilecto amigo, Ing. Roberto Domínguez Castellanos, por su comprensión y apoyo.

Al Dr. Arturo Hernández Sierra por sus oportunos comentarios y sugerencias para especializarme en el área de Desarrollo Rural.

Al Vice-ministro de Capacitación del MIDINRA, mi buen amigo, Ing. Francisco Berrios Escorcía, que me permitió realizar esta meta académica.

Al personal de la Fundación Ford, que no fueron un simple baluarte económico, sino los amigos que todo becario necesita.

Al Embajador de Nicaragua en México, Dr. Edmundo Jarquín Calderón y a todo el personal de la Embajada, cuyas voces de aliento mantuvieron encendida la luz de la Esperanza.

Al personal del Depto. de Economía Agrícola por su cariño y afecto, lo cual para un extranjero es muy importante.

Al personal de asesoría del Centro de Estadística y Cálculo,
por su paciencia ante mis constantes demandas de apoyo.

A mis compañeros de generación con quienes conviví durante la Maestría: Eva, Inocente, Mario, José Amador y José María con profundo agradecimiento.

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del M.C. Marcos Portillo Vázquez y ha sido aprobada por el Sinodo que la firma y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

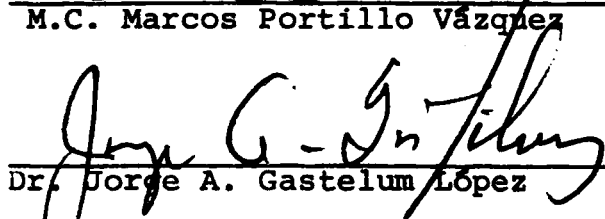
Especialista en Economía del Desarrollo
Rural

SINODO

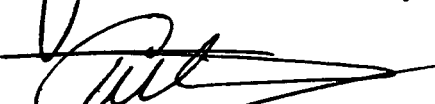
PRESIDENTE


M.C. Marcos Portillo Vázquez

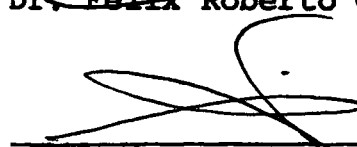
SECRETARIO


Dr. Jorge A. Gastelum López

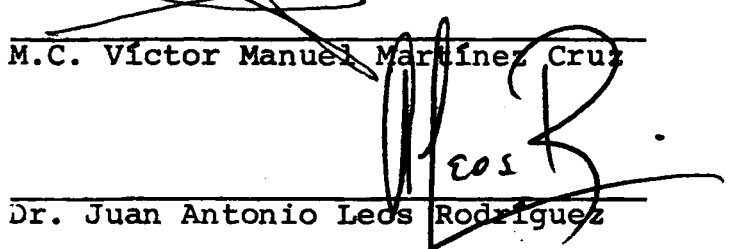
Vocal


Dr. Felix Roberto Carvalho Garnica

Suplente


M.C. Víctor Manuel Martínez Cruz

Suplente


Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

Chapingo, México, abril de 1988

INDICE GENERAL

	Página
LISTA DE CUADROS-----	i
I. INTRODUCCION-----	1
1.1. Antecedentes-----	1
1.2. Importancia del tema-----	3
1.3. Planteamiento del problema-----	5
1.4. Objetivos-----	7
1.5. Hipótesis-----	9
1.6. Revisión de literatura-----	10
II. MARCO TEORICO-----	12
2.1. Procedimientos de Programación Lineal-----	12
2.2. Procedimientos para el uso de la pro-- gramación lineal-----	14
2.3. La solución Simplex a los problemas de producción-----	15
2.4. Programación lineal en otros ámbitos--	15
2.5. Ejemplos simples de programación li- neal-----	16
a) Un problema de dieta-----	16
b) Un problema de producción-----	18
2.6. La solución gráfica-----	20
2.7. Efectos de Cambios en los precios-----	25
2.8 Planteamiento matemático del problema primal de programación lineal en el <u>ca</u> so de la dieta-----	26

2.9. Planteamiento matemático del problema primal de programación lineal en el caso de producción-----	27
2.10 Pasos para formular un dual a partir de un primal-----	28
2.11 Transformación de un primal a dual----	29
2.12 Tabla de transformación del Primal a dual -----	30
III. METODOS Y MATERIALES-----	31
3.1. Metodología-----	31
3.2. Proceso de determinación de metas na- cionales-----	32
a) Metodología para la determinación de metas nacionales-----	33
b) Resultados preliminares-----	46
3.3. Estrategias para la presentación y dis- cusión de resultados-----	48
a) Esquema de resultados sobre la solu- ción de un problema de programación lineal resuelto a través del progra- ma de cómputo LINDO-----	49
b) Interpretación económica sobre los precios sombra de las variables y precio dual de las restricciones---	50
c) Esquema para el análisis de resulta-	

dos del problema dual-----	51
3.4. Materiales y equipo empleados-----	52
IV. DISCUSION DE RESULTADOS-----	53
4.1. Análisis I-----	54
a) Solución básica-----	55
b) Análisis de sensibilidad-----	57
4.2. Análisis II -----	58
a) Solución básica-----	59
b) Análisis de sensibilidad-----	60
4.3. Análisis III -----	61
a) Solución básica-----	62
b) Análisis de sensibilidad-----	63
4.4. Análisis IV -----	64
a) Solución básica-----	65
b) Análisis de sensibilidad-----	66
4.5. Análisis V -----	67
a) Solución básica-----	68
b) Análisis de sensibilidad-----	69
4.6. Análisis VI -----	70
a) Solución básica-----	71
b) Análisis de sensibilidad-----	72
4.7. Análisis VII -----	73
a) Solución básica-----	74
b) Análisis de sensibilidad-----	75
4.8. Análisis VIII-----	76
a) Solución básica-----	77

b) Análisis de sensibilidad-----	80
V. CONCLUSIONES-----	82
VI. RECOMENDACIONES_-----	88
VII. BIBLIOGRAFIA -----	91
VIII. ANEXOS-----	

. LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Planteamiento matemático del problema primal de programación lineal en el caso de la dieta-----	26
2	Planteamiento matemático del problema primal de programación lineal en el caso de Producción-----	27
3	Transformación de un primal a dual----	29
4	Tabla de transformación del primal a dual-----	39
5	Nivel de empleos porcentual-----	36
6	Niveles de empleos-----	37
7	Consumo per cápita-----	37
8	Tabla de análisis de varianza-----	38
9	Nicaragua: Principales Indicadores económicos-----	40
10	Nicaragua: Principales indicadores económicos-----	41
11	Nicaragua: Principales indicadores económicos-----	42
12	Nicaragua: Principales indicadores económicos-----	43

13	Nicaragua: Indicadores de la producción agropecuaria -----	44
14	Nicaragua: Predicciones para 1987-1990-	45
15	Metas mínimas para 1987-----	46
16	Esquema de resultados sobre la solución de un problema de programación lineal resuelto a través del programa de cómputo LINDO -----	49
17	Interpretación económica sobre los precios sombra de las variables y precio dual de las restricciones-----	50
18	Esquema para el análisis de resultados del problema dual-----	51
19	Solución básica del Análisis I -----	55
20	Análisis de sensibilidad del Análisis I-	57
21	Solución básica del Análisis II -----	59
22	Análisis de sensibilidad del Análisis II	60
23	Solución básica del Análisis III-----	62
24	Análisis de Sensibilidad del Análisis III	63
25	Solución básica del Análisis IV-----	65
26	Análisis de sensibilidad del Análisis IV-	66
27	Solución básica del Análisis V -----	68

28	Análisis de sensibilidad del Análisis V-	69
29	Solución básica del Análisis VI-----	71
30	Análisis de sensibilidad del Análisis VI	72
31	Solución básica del Análisis VII-----	74
32	Análisis de sensibilidad del Análisis VII	75
33	Solución básica del Análisis VIII-----	77
34	Análisis de sensibilidad del Análisis VIII	80
35	Porcentajes en que pueden oscilar los sec- tores-----	85
36	Distribución del presupuesto gubernamental en porcentajes-----	86
37	Distribución del Presupuesto gubernamental en términos absolutos-----	86
38	Participación sectorial en el P.I.B. -----	87

LA PROGRAMACION LINEAL EN LA PLANIFICACION NACIONAL DE NICARAGUA

I. INTRODUCCION

Para Marx, la ciencia era una fuerza histórica motriz, una fuerza revolucionaria. Por puro que fuese el goce que pudiera depararle un nuevo descubrimiento hecho en cualquier ciencia teórica y cuya aplicación práctica tal vez no podía preverse aún en modo alguno, era muy otro el goce que experimentaba cuando se trataba de un descubrimiento que ejercía inmediatamente una influencia revolucionaria en la industria y en el desarrollo histórico en general.

Federico Engels

Highgate Cemetery

17 marzo 1883.

1.1. Antecedentes

Resulta difícil evaluar la evolución económica de Nicaragua con arreglo a las pautas y metodologías que habitualmente se utilizan para el examen de la coyuntura.

Desde 1981 y en forma progresiva, el país se ve sumido en una confrontación armada que ha repercutido decisivamente tanto sobre los objetivos de la política económica como sobre su aplicación y los resultados obtenidos. Por consiguiente el examen de la crisis económica actual, de sus causas y sus manifestaciones más relevantes, así como de los resultados de los principales indicadores de actividad de empleo y de otras variables, solo se puede explicar teniendo presente circunstancias muy ajenas al quehacer económico. Resultaría ocioso tratar de determinar si son los factores económicos o los extraeconómicos los que más han incidido sobre el desempeño de la economía. Sin duda se trata de una confluencia de ambos, que incluso se refuerzan mutuamente en sus efectos adversos. Así, a Nicaragua se le han planteado los mismos fenómenos de signo negativo derivados de la economía internacional que han repercutido de manera dramática en la evolución de las demás economías de la región. Por añadidura, ha tenido que hacerse cargo de los considerables costos de reconstrucción de la Guerra de 1979, así como de las consecuencias, más difíciles de cuantificar pero igualmente significativas, que el cambio de política iniciado a partir de ese mismo año ha tenido sobre las expectativas y el comportamiento de los diversos agentes económicos. Asimismo, se ha visto afectada por el gradual estrechamiento del acceso al financiamiento de organismos oficiales, especialmente de carácter multilateral, por el abrumador peso del servicio de una abultada

deuda externa y por factores aleatorios, como un régimen de lluvias muy anormal en 1982. A todo lo anterior ha venido a sumarse la repercusión directa e indirecta sobre la economía del acoso armado a que el país se ve sometido y las consecuencias de tener que conceder la más alta pre-lación a los gastos para la defensa.

1.2. Importancia del tema

Debido al cambio de política es que este trabajo tiene como finalidad, resaltar la importancia de la planificación en el quehacer científico y tecnológico, demostrando que es solamente con el desarrollo del socialismo (planificación organizada y científica) cuando la ciencia y la tecnología alcanzarán su potencialidad socialmente contenida y permitirá ser un elemento del cambio social, ya que no es posible hablar de desarrollo científico-tecnológico, si éste no está subordinado a los intereses de las capas sociales mayoritarias. Cuando no se involucra a las masas desprotegidas en el proceso de implementación de los descubrimientos científicos o tecnológicos, no se puede hablar de un desarrollo sino de descubrimientos aislados. Cuando se habla de ciencia pocas veces se piensa en los instrumentos que permiten lograr los objetivos de trans-formación de la realidad. La planificación como instrumento del conocimiento humano, permite canalizar a la ciencia y a la tecnología por sus más caros objetivos.

En un país capitalista, es posible solo una programación indicativa (una planeación) puesto que las leyes de la ganancia y el mercado dominan el funcionamiento de todo sector privado capitalista, sea monopolista o de competencia. El estado capitalista que, por su naturaleza, es un instrumento al servicio de las clases dirigentes, no puede desarrollar al sector que depende directamente de él, en una dirección que pueda lesionar los intereses de la clase dirigente y, dentro de ésta, los intereses de los grupos privados.

Los orígenes de la planificación de la ciencia y de la tecnología los encontramos al triunfo de la Revolución Soviética (1917), al constituirse el Primer Plan Quinquenal de 1929-1932. Lenin señalaba que: "no se puede trabajar sin tener un plan calculado para un período prolongado y para un éxito serio".

En Nicaragua como en todo país presocialista, la actividad científica se ha desarrollado valiéndose de algunas técnicas de planificación; tal es el caso de la elaboración del Plan Económico Nacional.

La institucionalización de un órgano central de planificación, ha condicionado que ciencia y tecnología se vayan desarrollando como cosas interdependientes.

Es por eso que el presente trabajo que reúne parte del material utilizado por la programación lineal para

presentar soluciones a la planificación de países en esa situación, es de suma importancia.

1.3. Planteamiento del problema

La evolución misma de las fuerzas productivas en la sociedad previa al socialismo y en forma especial en el capitalismo, obligaron a racionalizar la actividad científica y aprovechar aquellas innovaciones tecnológicas que reditúan rápidas utilidades al propietario de los medios de producción, o capitalistas, por el uso de un determinado conocimiento científico; es por eso que la planificación económica nacional induce a la aplicación de la racionalidad económica de manera sistemática y general.

Otra preocupación que ha sido motivo de reflexión es la necesidad de encontrar una solución al problema del equilibrio entre la oferta y la demanda de productos agrícolas y a la mejor distribución de éstos en el ámbito nacional.

El hombre en las diferentes ramas de la actividad económica tiende a utilizar racionalmente los recursos con que cuenta, sin embargo, esta racionalización obedece a decisiones que no siempre corresponden a las óptimas, sino que están basadas en la experiencia, en la observación, en la costumbre y en la imitación.

En las decisiones de cómo distribuir el gasto público, se consideran normalmente la obtención de ciertos objetivos nacionales y ciertos niveles mínimos por obtener en determinados rubros; esta consideración obedece a la siempre presente restricción o limitación de recursos disponibles y a la multiplicidad de objetivos o finalidades que compiten por esos recursos.

La distribución de recursos escasos es esencialmente un problema de decisión, pues implica la acción de preferir una alternativa de uso, entre una gama infinita de posibilidades.

Además, por los fines que se persiguen en cada paso y las limitaciones que impone la escasez de los recursos en los países subdesarrollados, como Nicaragua, en muchas ocasiones es necesario sacrificar una meta en aras de otras.

Las decisiones deben estar basadas en consideraciones teóricas y prácticas que proporcionen elementos suficientes para suponer que la decisión tomada es precisamente la adecuada.

Los problemas (más específicos) que se pueden presentar son:

- a) Que dada la limitación de recursos, algunos objetivos queden sin cumplirse y si se establece un mínimo para este objetivo, se tengan que reducir las magnitudes

de los otros.

- b) Que dada la fuerte restricción de recursos existente no solo en Nicaragua, sino en todos los países en vías de desarrollo, no se pueda cumplir ni con los mínimos establecidos para cada uno de los objetivos particulares.

Aún en una situación como la segunda alternativa, es de mucha utilidad en el proceso de planificación nacional, determinar (en una primera aproximación a la obtención de la solución) una distribución preliminar de recursos, asignación realizada por métodos de programación, que contemplan la optimización de una función objetivo, sujeta a una serie de restricciones, ya sean estas de tipo técnico como son la disponibilidad de recursos materiales o de otro tipo como de mercado u objetivos parciales impuestos por las metas sociales.

1.4. Objetivos

Dentro del problema planteado en el apartado anterior, es de suma importancia el cálculo preliminar del efecto que ejerce una determinada cantidad de recursos específicos sobre la magnitud resultante en el producto por obtener; (Coeficientes técnicos) también indicadores de, en cuanto aumentaría, el valor del objetivo general si se realizara una unidad de actividad más, de uno de los objetivos establecidos como metas mínimas, así como indicadores de en

cuales de las actividades específicas del programa nacional se debería asignar un recurso que pudiera obtenerse de manera adicional, después de haberse realizado la primera asignación con los recursos disponibles (Precios sombra de los recursos disponibles).

Dentro de la problemática planteada, en este trabajo se persiguen los siguientes objetivos:

- a) Identificar el impacto que tienen los gastos del gobierno de Nicaragua (en cada uno de los rubros que lo componen) sobre el producto interno bruto, considerando como objetivo general o función objetivo.
- b) Estimar metas mínimas para ciertos objetivos parciales como nivel de empleo; consumo per cápita, valores determinados por los valores máximos obtenidos en los últimos años o los valores proyectados en base a una tendencia (Cuando esta tendencia es hacia el alza) para poner como meta una situación que denote crecimiento de la economía, y determinado volumen de producto de cada sector.
- c) Elaborar una propuesta de distribución del gasto público disponible (Estimado éste por una tendencia del gasto público ejercido en los últimos años).
- d) Generar recomendaciones de asignación de recursos adicionales sobre el conocimiento de sus precios sombra, en las diferentes actividades identificadas

por los sectores que forman la Economía Nacional.

1.5. Hipótesis

Este trabajo se desarrolla bajo condiciones de alta inestabilidad económica, no obstante su utilidad adquiere mayor importancia y se desarrolla bajo las siguientes hipótesis:

- a) En una situación de emergencia como la que vive el país desde los últimos 6 años, la distribución del gasto público requiere de un mayor cuidado en su asignación por sectores productivos, de servicios y en estos momentos de defensa nacional, en especial.
- b) Bajo la consideración anterior, es posible obtener un patrón óptimo de distribución de los recursos que sirva como modelo normativo, aunque este puede ser alterado por emergencias surgidas en el proceso económico del país.
- c) Es importante tener un modelo meta, que contemple el cumplimiento de ciertos objetivos, aunque sea en su nivel mínimo como es el nivel de empleo y el abastecimiento de alimentos.

1.6. Revisión de literatura

En programación lineal se puede encontrar una amplia información en problemas de producción, dieta y transporte, pero nada sobre como aplicarla a la planificación de un país.

En relación al problema de la dieta uno de los trabajos más utilizados ha sido "Programación Lineal y Análisis Económico, realizado por Dofman, Samuelson y Solow en 1958, en el que estudiaron ampliamente la interpretación económica del dual del problema de la dieta.

En relación al problema de producción se tiene los trabajos de Chiang (1977), Beneke (1984) y Carballo (1986) sobre la transformación de un problema primal a un dual y la relación existente entre los precios de los productos y los valores marginales de los recursos.

En los trabajos de Nikitin (1977), Ceceña (1982) Rostow (1967) Se puede observar la influencia que tiene la planificación sobre el desarrollo sostenido de un país y la forma de revertir los beneficios en favor de la mayoría de la población.

En relación a la aplicación de la técnica de programación lineal a una planificación se tienen los trabajos de Carrillo (1978), Mena (1979) Carballo (1986), que trabajaron sobre planificación agrícola programada y sobre la

influencia de la programación lineal para solucionar proble
mas económicos.

II. MARCO TEORICO

La Programación lineal desarrollada y aplicada por primera vez en 1940 en la U.R.S.S. por Kantorovich y en los E.E.U.U. en 1947 por George B. Dantzing, Marshall Wood y otros, su importancia radica en la sencillez de su teoría y su gran aplicación en muchas ciencias. Su empleo ha servido en algunos casos de base en los programas de desarrollo. Dentro de la revisión bibliográfica efectuada para definir el marco teórico en que se va a desarrollar el presente trabajo tenemos:

2.1. Procedimientos de programación lineal

La programación lineal es un método de planificación muy útil para la toma de decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas.

Como se puede planear la producción para alcanzar el mejor resultado a partir de las instalaciones dadas.

La programación lineal es un instrumento eficaz para analizar y optimizar la organización de la producción agrícola, porque a través de este método se desarrolla la apreciación, de la forma compleja como los recursos escasos interaccionan durante las épocas críticas (Beneke, 1984).

La principal ventaja de la programación lineal como método de planificación no es tanto la conducción a un plan esquemático y sencillo, sino la consecución de un método para analizar una variedad de decisiones alternativas.

Dentro de los modelos de planificación deben ser consideradas como esenciales las restricciones impuestas por los programas gubernamentales, tales como la asignación de divisas, la asignación de terrenos, la asignación o distribución de bienes de capital, todo aquello que limite la posibilidad de mayores ingresos.

El procedimiento de programación se diseña para especificar el plan de explotación que puede obtener el máximo ingreso, dadas las restricciones existentes y las previstas.

Limitaciones en el uso de la Programación Lineal

La programación lineal no puede resolver todos los problemas asociados a la planificación agrícola.

- a. La programación no puede ayudar en la difícil tarea de la determinación de la expectativa de precios. El proceso solo puede indicar la mejor manera para usar los recursos una vez que el juicio de los futuros precios ha sido hecho.
- b. La programación ofrece poca ayuda en la estimación de las relaciones entre los insumos y los productos.

El método puede solo especificar el tipo y la cantidad de datos necesarios.

- c. El proceso de programación actúa como si el precio y las expectativas de insumos y productos que hemos formulado fueran igualmente seguras para todos los productos en explotación.
- d. Las restricciones son a veces difíciles de especificar. El plan se desarrolla a un año y puede ser difícil especificar por desconocimientos, el potencial de mano de obra disponible para un próximo período, o la cantidad de crédito agrícola del que se va a disponer.

2.2. Procedimientos para el uso de la programación lineal

Organización de la información de los recursos y de la producción que obtiene; la información contenida en la solución del problema se describe e interpreta completando la revisión de los mínimos conocimientos necesarios que se precisan en la aplicación de la programación lineal a la planificación agropecuaria.

Los pasos a seguir son:

- a. Presentación del problema
- b. Determinación de las restricciones
- c. Clasificación de las actividades y sus coeficientes
- d. Descripción de los precios netos

- e. Preparación del problema
- f. Actividades de disposición o inactivas
- g. Información contenida en la solución
 - g_1 . Valor del programa
 - g_2 . Plan final
 - g_3 . Precios sombra
 - g_4 . Formulación algebraica

2.3. La solución simplex a los problemas de producción

El método simplex es un proceso matemático (algoritmo) que usa de la suma, resta, multiplicación y división en un particular método secuencial para resolver problemas.

2.4. Programación lineal en otros ámbitos

Los desarrollos recientes en el campo de análisis de los problemas de optimización reciben el nombre de Programación lineal.

En la optimización restringida, las restricciones empleadas participan siempre en la naturaleza de las ecuaciones, por oposición a las desigualdades. La restricción presupuestaria impuesta al consumidor en el problema de la maximización de la utilidad específica que el mismo debe gastar una suma fija. Pero los métodos de la programación lineal nos permitirán enfrentar el problema de maximizar o minimizar una función objetivo lineal sujeta a un

conjunto de desigualdades lineales. Por lo tanto, esto ampliará en considerable medida el horizonte del análisis de la optimización.

La esencia de la programación lineal puede aclararse mejor mediante ejemplos concretos; se presentan dos de ellos:

2.5. Ejemplos simples de programación lineal

a. Un problema de dieta:

Para conservar su salud, una persona debe cubrir ciertos requerimientos diarios mínimos relativos a diferentes tipos de elementos nutritivos. Supongamos en aras de la simplicidad que solo necesitan considerarse tres clases de elementos nutritivos: Calcio, proteínas y calorías.

Supongamos también que la dieta del individuo consta de solo dos alimentos I y II cuyos precios y contenidos nutritivos se muestran en la tabla 18-1, donde también hemos consignado los requerimientos diarios mínimos de cada elemento. El problema nutritivo es:

¿Qué combinación de los dos elementos satisfará los requerimientos diarios con el menor costo?

Si designamos con X_1 y X_2 las cantidades de los dos alimentos que se comprarán diariamente, el problema puede formularse matemáticamente así:

$$\text{Minimizar } C = 0.6 X_1 + X_2 \quad (*1)$$

$$\text{Sujeto a} \quad 10 X_1 + 4X_2 \geq 20$$

$$5 X_1 + 5X_2 \geq 20$$

$$2 X_1 + 6X_2 \geq 12$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

- *1. Función de costo que constituye la función objetivo del programa lineal; aquí dicha función debe minimizarse. Las tres desigualdades que siguen son las restricciones impuestas por los requerimientos diarios de la tabla 18-1.

Tabla 18-1

Precio	Alimento I (por lb) 0.60	Alimento II (por lb) 1.00	Requerimiento diario mínimo
Calcio (Unidad)	10	4	20
Proteínas (Unidad)	5	5	20
Calorías (Unidad)	2	6	12

Fuente: Chiang (1977).

No se puede caer por debajo de los requerimientos diarios, el optimizador está habilitado (debido al uso de

los signos de desigualdad débil ($\geq$) *2.

*2 La desigualdad débil es aquella que admite la posibilidad de igualación. Corresponde a un intervalo semiabierto, para exceder las cantidades mínimas indicadas; es este rasgo el que distingue fundamentalmente a la programación lineal de los problemas de optimización.

Por último mediante las dos desigualdades $X_1, X_2 \geq 0$, a las que denominamos condiciones de no negatividad, excluimos las compras negativas.

En síntesis hay tres ingredientes principales en una programación lineal: Una función objetivo, un conjunto de restricciones y un conjunto de condiciones de no negatividad. Se advertirá que la linealidad prevalece en todo momento, ya que ninguna variable está elevada a una potencia distinta de uno.

b. Un problema de producción:

Una empresa produce dos líneas de productos I y II; el beneficio promedio para el producto I es 40 por tonelada, y para el II, 30 por tonelada. La planta consta de tres departamentos de producción - cortado, mezclado y embalaje y el equipo en cada departamento puede emplearse 8 horas diarias; por lo tanto, consideraremos que 8 horas es la capacidad diaria en cada departamento.

Finalmente, el proceso de producción puede resumirse: El producto I es primero cortado y luego embalado (cada tonelada de este producto emplea media hora de la capacidad de cortado y un tercio de hora de la capacidad de embalaje)

El producto II primero se mezcla y posteriormente se ambala (cada tonelada del mismo emplea una hora de la capacidad de mezclado y dos tercios de hora de la capacidad de embalaje).

¿Qué combinación de productos debería producir diariamente la firma para maximizar su beneficio total?

$$\text{Maximizar } \pi = 40 X_1 + 30 X_2$$

$$\text{Sujeto a } X_1 \leq 16 \text{ (Restricción de cortado)}$$

$$X_2 \leq 8 \text{ (Restricción de mezclado)}$$

$$X_1 + 2 X_2 \leq 24 \text{ (Restricción de embalaje)}$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Aún cuando nunca podemos exceder la capacidad, estamos en libertad de dejar parte de ella ociosa.

Tabla 18-2

HORAS DE TRABAJO DE ELABORACION NECESARIA POR TON. DE:			
	Producto I	Producto II	Capacidad diaria (h)
Cortado	1/2	0	8
Mezclado	0	1	8
Embalaje	1/3	2/3	8
Beneficio x Ton \$ 40 \$ 30			

Las condiciones de no negatividad todavía aparecen en la misma forma que en el problema de minimización.

Los dos ejemplos precedentes ilustraron el caso en que hay dos variables de elección y tres restricciones. Cuando haya N variables de elección y M restricciones, el programa lineal tendrá aún la misma forma general -con una función objetivo lineal, un conjunto de desigualdades lineales restrictivas y otro de condiciones de no negatividad como componentes principales-.

2.6. La solución gráfica

Los dos ejemplos involucran solo dos variables de elección y pueden formularse en términos del análisis gráfico. En la figura 18-1 colocamos X_1 y X_2 en los dos ejes. Debido a las condiciones de no negatividad solo necesitamos considerar el cuadrante positivo.

Para ver el significado gráfico de estas restricciones, vamos a suponer que las mismas están dadas en forma de ecuaciones y las representamos por tres líneas rectas. Cada una de estas rectas -denominadas respectivamente, límites cálcico, protéico y calórico- divide el cuadrante en dos regiones separadas. Puesto que cada restricción es del tipo $\geq$ solamente los puntos (pares ordenados) situados en la región noroeste o sobre la propia línea límite, satisfarán la restricción particular involucrada. Para satisfacer simultáneamente a las tres restricciones, solo podemos aceptar, por lo tanto, aquellos pares ordenados (X_1, X_2) que no se encuentren abajo y a la izquierda de ninguna línea límite que hayamos construido. Todos los puntos ubicados en el área sombreada del diagrama "b" satisfacen simultáneamente las tres restricciones. Por esa razón se denomina a esa área región factible y cada punto que se encuentra dentro de ella se conoce como una solución factible. La región factible también incluye los puntos situados sobre su frontera acodada. De hecho el conjunto de puntos sobre el eje horizontal $\{(X_1, X_2)/X_1 \geq 6, X_2 = 0\}$ así como los correspondientes al eje vertical: $\{(X_1, X_2)/X_1 = 0, X_2 \geq 5\}$ también integran esta región. La región factible puede considerarse como un conjunto cerrado de pares ordenados.

La frontera acodada de dicha región se compone de segmentos seleccionados, de límites restrictivos y de los ejes.

Los puntos ubicados en las esquinas del límite -a los que llamaremos puntos externos-, se encuentran en la intersección de una línea límite y un eje.

Los puntos que se encuentran en la región factible representan el conjunto de todas las combinaciones de alimentos que satisfacen todas las restricciones, así como también las condiciones de no negatividad, pero algunas de ellas entrañarán costos de compras más bajos que otros.

Para minimizar el costo C es necesario tomar en cuenta también la función objetivo, escribiendo la función de costo en la forma:

$$X_2 = C - 0.6 X_1$$

Figura 18-1a

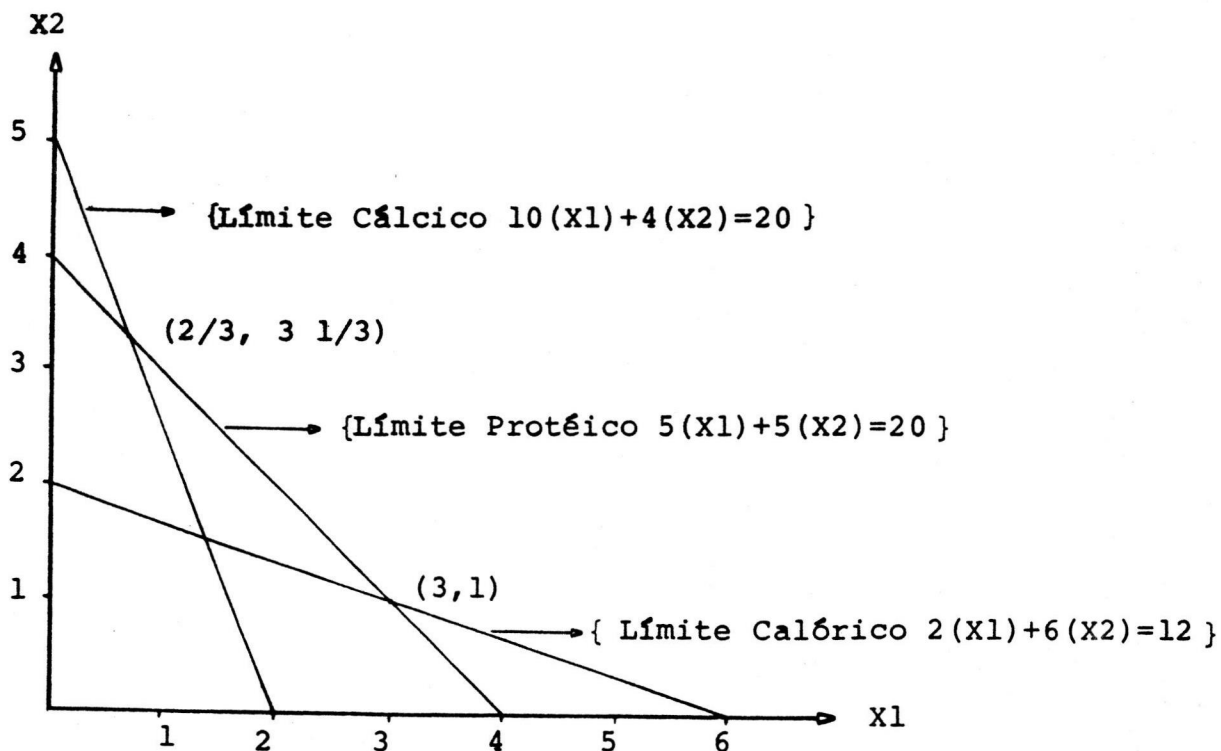
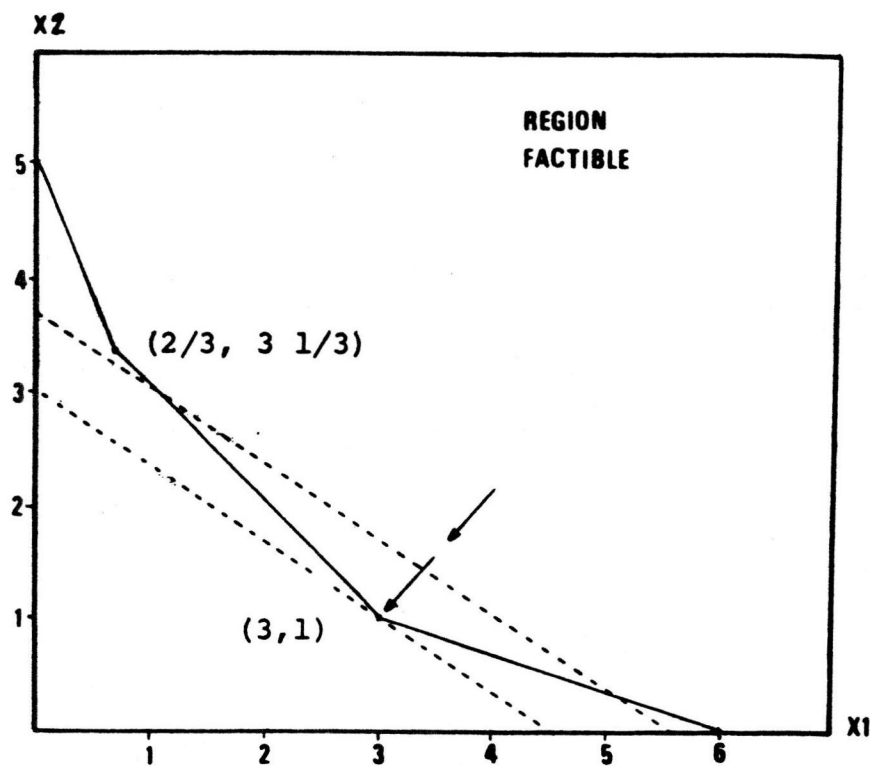


Figura 18-1b



Considerando C como un parámetro podemos representar esta ecuación como una familia de rectas paralelas con una pendiente común igual a -0.6 . En la figura 18-1b se muestran -en líneas cortadas- tres posibilidades. Teniendo en cuenta que cada una de ellas corresponde a un valor definido de C , lo que hemos dibujado son tres isocostos. A efectos de minimizar el costo debemos seleccionar la curva de isocostos más baja posible que se encuentre dentro de la región factible. En la figura 18-1b tal selección nos conduce al punto extremo $(3,1)$ por lo tanto, la solución factible óptima (o solución óptima) del programa lineal es $(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = (3,1)$. Se deduce que el costo mínimo de la die-

ta calculado a los precios dados de alimentos ascenderá a $\bar{C} = \$ 2.80$ por día.

El problema de dieta no es más que una versión modificada del problema de combinación del menor costo. La idea del isocosto es la misma que antes, pero la isocuan-
ta lisa se reemplaza por una región factible con un límite
acodado (*)

Como resultado de esto, la idea de punto de tangencia perteneciente al cálculo diferencial se desecha en favor de la de punto de contacto. En la figura 18-lb el punto de contacto es un punto extremo que se encuentra sobre el límite.

Las soluciones óptimas de los programas lineales se encuentran siempre en puntos extremos. Dado que un punto extremo siempre representa la intersección de dos límites restrictivos o de un límite y un eje, podemos luego de determinar el punto óptimo, hallar la solución óptima (X_1 , X_2), resolviendo en forma simultánea las ecuaciones de las dos rectas relevantes que se interceptan en él. En la solución gráfica el punto óptimo se encuentra en la intersección de los límites protéico y calórico, por lo tanto, resolviendo las dos ecuaciones siguientes:

$$5 X_1 + 5 X_2 = 20$$

$$2 X_1 + 6 X_2 = 12$$

* La isocuanta continuamente derivable se reemplaza por una línea quebrada continua, pero no continuamente derivable.

podemos hallar que:

$$(\bar{X}_1, \bar{X}_2) = (3, 1)$$

Si bien esta solución cumple exactamente con los requerimientos de proteínas y calorías, supera los correspondientes al calcio; esta situación no podría presentarse si todas las restricciones fueran ecuaciones rigurosas.

2.7. Efectos de cambios en los precios

Según Alpha C. Chiang (1977) ¿Qué ocurrirá con la solución óptima si los precios de los alimentos P_1 y P_2 cambian?

Puesto que la pendiente de las curvas de isocostos se miden mediante la razón $- P_1 / P_2$, el efecto inmediato de cambios en los precios será sobre isocostos.

Si ambos precios cambian en idéntica proporción, entonces la pendiente de los isocostos permanecerá inalterada.

En este caso, la solución óptima original $(\bar{X}_1, \bar{X}_2)$ continuará prevaleciendo aunque la cifra del costo C naturalmente se elevará o disminuirá *pari passu* con P_1 y P_2 .

Los dos precios pueden cambiar en proporciones diferentes, pero la diferencia puede ser relativamente pequeña. En este caso, la pendiente de los isocostos sufrirá

un pequeño cambio, verbigracia, de -0.6 a -0.4 o a -0.8. Un cambio de esta magnitud en la pendiente dejará inalterada la solución óptima original. Por lo tanto, contrariamente a lo que ocurriría con el punto de tangencia en el cálculo diferencial, el punto de contacto es insensible a pequeñas variaciones en los precios.

Supongamos que ambos precios se igualan: por pendiente de -1, serían paralelos al límite protéico. La nueva curva de isocostos más baja posible establecerá contacto con la región factible no en un único punto sino a lo largo de un segmento de su límite, con el resultado de que cada punto situado sobre dicho segmento que va de (3,1) a (2/3, 3 1/3) es igualmente óptimo.

Cuadro 1

2.8. Planteamiento matemático del problema primal de programación lineal en el caso de la dieta.

$$\text{Min} \quad C = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Sujeto a:

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

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

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

$$\text{Generalizando: Min } C = \sum C_i X_i$$

$$\text{Sujeta a: } \sum a_{ij} X_i \geq b_j$$

donde:

C_i = Precio del i-ésimo ingrediente

X_i = Cantidad del i-ésimo ingrediente

A_{ij} = Cantidad del j-ésimo nutriente contenido
en una unidad del i-ésimo ingrediente

b_j = Cantidad del j-ésimo nutriente que debe
cubrir la ración en su conjunto.

Cuadro 2

2.9. Planteamiento matemático del problema primal de programación lineal en el caso de producción

$$\text{MAX } Z = P_1X_1 + P_2X_2 + \dots + P_nX_n$$

Sujeto a:

$$C_{11}X_1 + C_{12}X_2 + \dots + C_{1n}X_n \leq r_1$$

$$C_{21}X_1 + C_{22}X_2 + \dots + C_{2n}X_n \leq r_2$$

$$C_{m1}X_1 + C_{m2}X_2 + \dots + C_{mn}X_n \leq r_j$$

$$\text{Generalizando: Max } Z = \sum P_i X_i$$

$$\text{Sujeta a: } \sum C_{ij} X_i \leq r_j$$

donde:

P_i = Precios netos de la i-ésima actividad

X_i = Cantidad de la i-ésima actividad de producto

C_{ij} = Cantidad necesaria del j-ésimo recurso para
producir una unidad de la i-ésima actividad

b_j = Cantidad disponible del j-ésimo recurso

2.10. Pasos para formular un dual a partir de un primal

- 1 - Se invierte la dirección de la optimización. La maximización en el problema primal se convierte en minimización en el dual y viceversa.
- 2 - Los signos de desigualdad de las restricciones técnicas se invierten; pero la restricción de no negatividad sobre las variables de decisión, siempre se mantienen.
- 3 - Las hileras de la matriz de coeficientes de las restricciones en el problema primal, se trasponen en columnas para la matriz de coeficientes de restricciones en el dual.
- 4 - El vector de hilera de coeficientes en la función objetivo del primal se traspone a un vector de columna sobre el valor de las restricciones del dual.
- 5 - El vector columna del valor de las restricciones del primal se traspone a un vector de hilera de coeficientes para la función objetivo del dual.
- 6 - Las variables de decisión del primal se reemplazan con variables de decisión del dual.

Cuadro 3

2.11. Transformación de un primal a dual.

Dado un problema original o primal

$$\text{MAX } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3$$

Sujeto a:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 \leq b_2$$

$$X_1 \quad X_2 \quad X_3 \geq 0$$

El problema dual relacionado es:

$$\text{Min } Z = b_1Y_1 + b_2Y_2 + b_3Y_3$$

Sujeto a:

$$a_{11}Y_1 + a_{21}Y_2 + a_{31}Y_3 \geq C_1$$

$$a_{12}Y_1 + a_{22}Y_2 + a_{32}Y_3 \geq C_2$$

$$a_{13}Y_1 + a_{23}Y_2 + a_{33}Y_3 \geq C_3$$

$$Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \geq 0$$

Cuadro 4

2.12. Tabla de Transformación del primal a dual.*

		Problema primal					
		Coeficientes de X ₁ X ₂ X ₃			Segundo miembro		
P R O D U C T O S	COE- FI- CIEN- TES DE	Y ₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	≤ b ₁	Coeficientes para la función objetivo del dual (MIN)
		Y ₂	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	≤ b ₂	
		Y ₃	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	≤ b ₃	
E L E M E N T O S	Segundo Miembro		≥ C ₁	≥ C ₂	≥ C ₃		
		Coeficientes pa- ra la función objetivo del primal (MAX)					

* Lieberman 1985

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Metodología

En este capítulo se formula la determinación de metas nacionales, a través de las cuales se pretende someter a prueba las hipótesis de trabajo planteadas en el Capítulo I.

Se pretende también llegar a determinar la función objetivo que va a ser la base para el trabajo de programación lineal a desarrollar.

Se parte de un método general o tradicional, para utilizar la informática estructural como punto de partida; posteriormente se aplica métodos específicos de investigación operativa.

a) Sistema de Análisis Estadístico:

Para poder determinar el modelo de programación lineal que se requería, se utilizó antes la estadística matemática y procedimientos econométricos como: método de regresión y correlación, los cuales se describen en el desarrollo de la determinación de las metas nacionales.

Los indicadores económicos utilizados se extrajeron de diferentes fuentes y son la base para determinar la secuencia tendencial que llevarían en el futuro (Ver proyecciones de los indicadores económicos en condiciones co-

mo las prevalecientes).

b) Modelo de Programación Lineal

Tiene la forma clásica, se trata del conocido modelo de optimización, modalidad de maximización y siguiendo la técnica simplex.

3.2. Proceso de determinación de metas nacionales

La planificación nacional que en una de sus partes necesita hacer una distribución adecuada de los recursos disponibles requiere también del conocimiento de metas específicas en ciertos resultados del proceso de planeación.

De otra manera, la asignación de recursos disponibles puede realizarse de tal forma que se logre el máximo de producto nacional, sin considerar otros objetivos. Pero la práctica en planificación nacional ha demostrado que se requiere limitar en cierta magnitud los valores del producto nacional en pro de metas alternativas que son también de primera importancia, como son el nivel de empleo, la producción para autoconsumo, un consumo per cápita mínimo y otras metas que vuelven al proceso de planificación un trabajo de objetivos múltiples.

Para el presente trabajo, se consideró que en la asignación de recursos disponibles se incluya como objetivos la obtención de empleos, consumo per cápita y otros,

en niveles determinados en base a los valores que cada uno de estos ha tenido en los últimos años y en la tendencia que han mostrado, considerando que los valores por alcanzar en los años que contempla el proceso de planificación, estén como mínimos en aquellos que señala la tendencia en el tiempo. Para lograr lo anterior se procedió a la elaboración de modelos econométricos de predicción de estas variables por los siguientes métodos:

Los datos del producto interno bruto se desglosaron en los diferentes sectores que forman su estructura principal: sector agrícola, sector industrial y el de servicios. De las estadísticas nacionales se extrajo los gastos del gobierno y su distribución en los sectores más representativos de la Economía Nacional que resultaron ser: Agrícola, Industrial, Servicios y Defensa.

Se tomaron en cuenta otros datos que se consideraron importantes dentro del desarrollo de cualquier país como es la población, población económicamente activa, nivel de empleo, fuerza de trabajo del sector agropecuario y de otras actividades, desocupados del sector agropecuario y de otras actividades, la deuda externa, el saldo del comercio, el pago neto de utilidades e intereses, las exportaciones y las importaciones.

a) Metodología para la determinación de metas nacionales.

Se efectuó una notación especial, cada variable

está representada por una literal dotada de un subíndice.

Con esta notación convendremos en que:

- * X1 Año
- * X2 Producto Interno Bruto
- * X3 Producto Interno Bruto Agropecuario
- * X4 Producto Interno Bruto Industrial
- * X5 Producto Interno Bruto de Servicios
- * X6 Presupuesto del Gobierno ($X7+X8+X9+X10$)
- * X7 Sector Agrícola
- * X8 Sector Industrial
- * X9 Sector de Servicios
- * X10 Sector Administración y Defensa
- * X11 Población
- * X12 Población Económicamente Activa
- * X13 Nivel de Empleo
- * X14 Fuerza de Trabajo del Sector Agropecuario
- * X15 Fuerza de trabajo de otras actividades
- * X16 Desocupados
- * X17 Desocupados Agropecuarios
- * X18 Desocupados en otras actividades
- * X19 Deuda externa
- * X20 Saldo del comercio
- * X21 Pago neto de utilidades e intereses
- * X22 Exportaciones (FOB)
- * X23 Importaciones (CIF)

Se aplicó logaritmos a los datos originales y se efectuó la siguiente fórmula:

$$\text{Log PIB} = a + bt$$

$$\frac{\delta \log (\text{PIB})}{\delta t} = r^{\text{PIB}}$$

Se obtuvo la tasa de cambio continua. Siendo necesario para los cálculos la tasa de cambio discreta se aplicó después la fórmula siguiente:

$$\log (1 + r \text{ PIB}) = r^{\text{PIB}}$$

$$(\text{ant } r^{\text{PIB}}) - 1 = r \text{ PIB}$$

Para los datos poblacionales se efectuó el cálculo siguiente:

$$\text{Ln } X_{11} = Y \Rightarrow e^Y = X_{11}$$

$$X_{11} = (2.7128)^{8.12681}$$

Esto permitió obtener los datos poblacionales proyectados que son los siguientes:

Año	PLX ₁₁	X ₁₁
1987	8.15971	3.476,143
1988*1	8.19311	3.578,536
1989*1	8.22652	3.680,928
1990*1	8.25992	3.783,321

*1 Las proyecciones después de un año deben ser utilizadas con discreción porque pueden presentar sesgos.

El producto agrícola per cápita fue extraído mediante la fórmula siguiente:

$PAP = X3 / X11 = 1.38295$ miles de córdobas por persona para el año 1986.

El nivel de empleos se obtuvo de la forma siguiente:

$$Ne = (X13 / X12) * 100$$

Los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 5

Nivel de empleos porcentual

AÑO	NIVEL DE EMPLEO (%)
1980	77.6376
1981	80.9735
1982	80,0852
1983*2	81,0894
1984	78.9109
1985	77.7459
1986	78.4530

*2 Se considera sostener el máximo porcentaje de la serie para cálculos posteriores.

De acuerdo con la tasa antes mencionada, los niveles de empleo derivados son:

Cuadro 6

Niveles de empleos

AÑO	POBLACION ECONOMI- CAMENTE ACTIVA	TASA DE EMPLEO	NIVEL DE EMPLEO
1987	1.118,571	81.0894	907,042
1988	1.154,250	81.0894	935,974
1989	1.189,929	81.0894	964,906
1990	1.225,607	81.0894	993,837

El consumo per cápita proyectado conforme el factor obtenido en 1986 es el siguiente:

Cuadro 7

Consumo percápita

AÑO	POBLACION	FACTOR	MILLONES DE COR- DOBAS
1987	3.476,143	1.38295	4,807
1988	3.578,536	1.38295	4,949
1989	3.680,928	1.38295	5,091
1990	3.783,321	1.38295	5.232

Para delinear algunas estrategias de desarrollo se requiere conocer datos generales de preferencia de la matriz insumo-producto del país. En este trabajo los indicau

dores se obtuvieron de tres fuentes diferentes y se les aplicó procedimientos de regresión lineal.

Se diseñaron y ensayaron algunos modelos que no resultaron representativos y finalmente se aplicó un procedimiento de regresión por pasos, que permitió seleccionar las variables más representativas del modelo.

Como un primer paso se efectuó un análisis de correlación para medir la fuerza o grado de asociación lineal entre las variables.

Después se efectuó una regresión cuyos resultados fueron: Del producto Interno Bruto en el período estudiado, los cambios en el mismo están explicados en un 20% por cambios en el producto interno agrícola, en un 30% por cambios en el producto interno industrial y en un 50% por incrementos en el producto interno de los servicios, obtenidos de un modelo: $PIB = 3,092 A^{.20} I^{.30} S^{.50}$

Cuadro 8.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA
(Variable dependiente LX2)

FUENTE	DF	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	R CUADRADA
Modelo	3	0.00702575	0.00234192	15673.65	0.999936
Error	3	0.00000045	0.00000015		
Total corregido	6	0.00702619			

Continúa Cuadro 8...

Continuación de Cuadro 8...

PARAMETRO	ESTIMADOR	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
Intercepto	1.12876224	0.0003
LX3	0.20438117	0.0001
LX4	0.27427587	0.0001
LX5	0.50972333	0.0001
Modelo PIB = (ant 1.12876224) Pa ^{.2} PI ^{.3} PS ^{.5}		

Cuadro 9

NICARAGUA: PRINCIPALES INDICADORES ECONOMICOS				
AÑO	PRODUCTO INTERNO BRUTO	P.I.B. AGROPECUA RIO	P.I.B. INDUSTRIAL	P.I.B. SERVICIOS
1980	21.891.6 (1)	4,947.0 (1)	6,280.5 (1)	10,664.1 (1)
1981	23,073.7 (2)	5,009.0 (2)	6,190.4 (2)	11,874.3 (2)
1982	22,876.7 (2)	5,109.2 (2)	6,286.8 (2)	11,480.7 (2)
1983	23,883.7 (2)	5,199.3 (2)	6,632.2 (2)	12,052.2 (2)
1984	23,555.4 (2)	4,651.9 (2)	6,305.6 (2)	12,597.9 (2)
1985	22,942.4 (2)	4,956.9 (2)	5,953.9 (2)	12,031.6 (2)
1986	21,804.0 (3)	4,679.9 (3)	6,393.5 (3)	10,730.6 (3)

Fuentes:

- (1) Anuario Estadístico de Nicaragua, año 1984 (página 51). En Millones de córdobas a precios de mercado.
- (2) Cifras elaboradas aplicando índices de 1980 del Anuario Estadístico de CEPAL, año 1985 (páginas 452, 457). En millones de córdobas a precios consta^{ntes}.
- (3) Plan Económico Nacional de Nicaragua, año 1987 (página 20). En millones de córdobas a precios constantes.

Cuadro 10

NICARAGUA: PRINCIPALES INDICADORES ECONOMICOS					
AÑO	PRESUPUESTO DEL GOBIERNO	SECTOR AGRICOLA	SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR SERVICIOS	SECTOR AD- MINISTRA- CION Y DE FENSA
1980	6,363.8 (1)	1,400.0 (1)	763.6 (1)	2,163.7 (1)	2,036.5 (1)
1981	8,411.7 (2)	1,850.5 (2)	1,009.4 (2)	2,859.9 (2)	2,691.9 (2)
1982	11,108.0 (2)	2,443.8 (2)	1,332.9 (2)	3,777.0 (2)	3,554.3 (2)
1983	20,084.0 (2)	4,400.0 (2)	2,400.0 (2)	6,900.0 (2)	6,384.0 (2)
1984	26,900.0 (2)	2,500.0 (2)	3,000.0 (2)	9,400.0 (2)	12,000.0 (2)
1985	64,052.0 (3)	6,052.0 (3)	5,100.0 (3)	18,600.0 (3)	34,300.0 (3)
1986	81,984.3 (3)	8,198.4 (3)	7,706.5 (3)	24,267.4 (3)	41,812.0 (3)

Fuente:

- (1) Anuario Estadístico de Nicaragua, año 1984 (página 56).
En millones de córdobas a precios de mercado.
- (2) Anuario Estadístico de CEPAL, año 1985 (páginas 476, 477). En millones de córdobas a precios constantes.
- (3) Plan Económico Nacional 1987 (páginas 187, 191).
En millones de córdobas a precios constantes.

Cuadro 11

NICARAGUA: PRINCIPALES INDICADORES ECONOMICOS								
AÑO	POBLACION	POBLACION ECONOMIC. ACTIVA	NIVEL DE EMPLEÓ	FUERZA TRABA- JO SECTOR A- GROPECUARIO	FUERZA TRABA- JO OTRAS AC- TIVIDADES	DESOCU- PADOS	DESOCUPA- DOS AGRO- PECUARIOS	DESOCUPADOS OTRAS ACTIVIDADES
1980	2,771 (2)	872 (2)	677 (2)	275 (2)	402 (2)	195 (2)	105 (2)	90 (2)
1981	2,861 (1)	904 (2)	732 (2)	296 (2)	436 (2)	172 (2)	90 (2)	82 (2)
1982	2,957 (1)	939 (2)	752 (2)	281 (2)	471 (2)	187 (2)	111 (2)	76 (2)
1983	3,058 (1)	973 (2)	789 (2)	302 (2)	487 (2)	184 (2)	97 (2)	87 (2)
1984	3,163 (1)	1,010 (2)	797 (2)	304 (2)	493 (2)	213 (2)	162 (2)	111 (2)
1985	3,272 (1)	1,047 (2)	814 (2)	334 (2)	480 (2)	233 (2)	80 (2)	153 (2)
1986	3,384 (3)	1,086 (3)	852 (3)	367 (3)	485 (3)	234 (3)	96 (3)	138 (3)

Fuente:

- (1) Anuario Estadístico de Nicaragua, año 1984 (página 19). En miles de personas.
- (2) Anuario Estadístico de CEPAL, año 1985 (página 463). En miles de personas.
- (3) Plan Económico Nacional de Nicaragua, año 1987 (página 156). En miles de personas

Cuadro 12

NICARAGUA: PRINCIPALES INDICADORES ECONOMICOS					
AÑO	DEUDA EXTERNA	SALDO DEL COMERCIO	PAGO NETO UTILIDADES E INTERESES	EXPORTACIONES (FOB)	IMPORTACIONES (CIF)
1980	1,825 (2)	-414 (2)	-89 (2)	450,442 (1)	887,211 (1)
1981	2,566 (2)	-484 (2)	-93 (2)	499,833 (1)	999,441 (1)
1982	3,139 (2)	-382 (2)	-140 (2)	405,793 (2)	775,548 (2)
1983	3,788 (2)	-462 (2)	-61 (2)	428,796 (2)	806,915 (2)
1984	4,362 (2)	-464 (2)	-46 (2)	385,800 (2)	826,000 (2)
1985	4,936 (2)	-527 (2)	-44 (2)	301,500 (3)	894,200 (3)
1986	5,130 (3)	-661 (3)	-40 (3)	218,600 (3)	880,000 (3)

Fuente:

- (1) Anuario Estadístico de nicaragua, año 1984 (página 69). En miles de dólares a precios constantes.
- (2) Anuario Estadístico de CEPAL, año 1985 (páginas 452, 467, 468, 470). En miles de dólares a precios constantes.
- (3) Plan Económico Nacional de Nicaragua, año 1987 (páginas 171, 191). En miles de dólares a precios constantes.

Cuadro 13

NICARAGUA:
INDICADORES DE LA PRODUCCION AGROPECUARIA
(Miles de toneladas)

CONCEPTO	1980	1981	1982	A Ñ O S	1984	1985	1986
				1983			
Algodón	34.8	48.8	67.1	81.0	85.0	68.4	53.5
Semilla de algodón	52.6	60.1	100.8	120.4	129.1	105.7	105.6
Café (oro)	55.8	56.8	63.0	64.5	44.9	50.7	54.3
Caña de azúcar	2,233.0	2,672.0	2,750.0	2,789.0	2,975.0	2,660.1	2,831.7
Banano	121.7	130.8	140.6	128.1	127.9	127.3	125.5
Tabaco habano	1.6	1.2	1.3	1.3	1.6	1.5	1.4
Ajonjolí	9.4	9.2	5.0	10.7	11.2	7.0	5.9
Mafz	194.2	294.1	177.7	218.2	212.7	197.1	209.4
Frijol	38.4	53.5	49.9	57.2	58.5	66.0	73.9
Arroz (oro)	55.2	61.4	91.2	97.8	84.8	96.5	114.9
Sorgo	90.2	94.1	56.6	89.0	112.2	194.3	196.7
Tabaco rubio	2.0	1.6	1.4	3.3	2.7	3.4	4.1
Vacunos (*1)	56.0	59.0	65.0	DND	DND	DND	DND
Porcinos (*1)	40.0	40.6	48.0	47.0	45.0	43.0	40.0
Aves	243.0	323.0	425.0	449.0	455.0	456.0	459.0
Leche (*2)	346.0	320.0	315.0	301.0	322.0	328.0	335.0
Huevos (*3)	29.0	35.4	43.0	42.0	44.0	43.0	41.6

(*1) Miles de cabezas.

(*2) Millones de litros.

(*3) Millones de docenas.

Fuente:

1) Anuario Estadístico de Cepal 84 y 85 (páginas 461 y 458)

2) Anuario Estadístico de Nic. 1984 (páginas 95 a 110)

3) Plan Económico Nacional 1987 (Nic.) (páginas 28 a 30)

DND= Datos no disponibles.

Cuadro 14

NICARAGUA: PREDICCIONES PARA 1987-1990 (EN CONDICIONES COMO LAS PREVALECIENTES)

CONCEPTO	1987	1988	1989	1990
*2 P I B	22,882.9	22,888.4	22,893.9	22,899.4
*2 P I B A	4,711.5	4,692.8	4,644.1	4,595.5
*2 P I B I	6,275.4	6,271.3	6,267.2	6,263.0
*2 P I B S	11,866.1	11,924.4	11,982.6	12,040.9
*2 Presupuesto Gob.	81,834.0	94,474.0	107,115.0	119,755.0
*2 Sector Agrícola	7,957.0	8,987.5	10,018.0	11,048.6
*2 Sector Industrial	7,427.1	8,522.7	9,618.3	10,713.9
*2 Sector Servicios	24,483.2	28,176.6	31,869.9	35,563.3
*2 Admón. y Defensa	41,966.7	48,787.7	55,608.8	62,429.8
*3 Población	3,476.14	3,578.54	3,680.93	3,783.32
*3 Pobl.Econ.Act.	1,118.57	1,154.25	1,189.93	1,225.61
3 Nivel de Empleo	878.14	904.36	930.57	956.79
*3 F.T. Sect. Agrop.	362.00	375.39	388.79	402.18
*3 F.T. Otras Act.	516.14	528.96	541.79	554.61
*3 Desocupados	240.43	249.89	259.36	268.82
*3 Desocupados Agrop.	106.43	106.57	106.71	106.86
*3 Desoc. Otras Act.	151.14	162.61	174.07	185.54
*2 Deuda Externa	5,946.3	6,513.4	7,080.4	7,647.5
*2 Saldo Comercio	-614.7	-647.2	-679.6	-712.1
*2 Pago Neto Ut. e Int.	-24.9	-12.8	-0.6	11.5

Continúa Cuadro 14...

Continuación de Cuadro 14...

*1 Exportaciones	225,511.0	185,790.0	146,070.0	106,349.0
*1 Importaciones	841,093.0	834,605.0	828,117.0	821,629.0

*1 Miles de córdobas

*2 Millones de córdobas

*3 Personas

* No coincide con los niveles de empleo anteriores porque estos son proyectados siguiendo la tendencia y los otros con una tasa fija como meta posible de alcanzar.

Cuadro 15

METAS MINIMAS PARA 1987	
(Millones de córdobas)	
Producto Interno Bruto Agropecuario.....	4,741.5
Producto Interno Bruto Industrial.....	6,275.4
Producto Interno Bruto Servicios.....	11,866.1
Nivel de Empleo (empleos).....	907,042
Producción Agrícola Per cápita.....	4,807

b. Resultados Preliminares.

Por cada 1% en que crece el sector agrícola el producto interno bruto crece en 0.20%. En términos absolutos

esto significa 43,618 millones de córdobas de 1980. Mientras que un crecimiento del 1% en la industria está asociado a un 0.30% de aumento en el producto interno bruto, que en términos absolutos representa 65,412 millones de córdobas de 1980. Y un 1% de crecimiento en el sector servicios repercute en un 0.50% en el crecimiento del producto interno bruto, o sea 109.02 millones de córdobas de 1980 en términos absolutos.

Al inicio del gobierno Revolucionario Sandinista, periodo de 1980 a 1981. Un incremento de 1% en el sector agrícola estaba asociado con incrementos de 16,150 empleos.

La industria en el período 1981 y 1982 por cada 1% en que creció, se relaciona con un incremento de 22,475 empleos.

En el sector servicios en los años 1983 a 1984, un 1% de crecimiento estaba asociado con un incremento de 6,405 empleos.

Los gastos del gobierno por sectores y su relación con los incrementos en esos mismos sectores se pueden expresar de la siguiente forma:

Para obtener un incremento del 1% en el producto interno bruto agropecuario, el gobierno tuvo que gastar en ese sector un monto de 1,423.46 millones de córdobas; para que el sector industrial creciera en 1% los gastos del go-

bierno fueron de 854.42 millones de córdobas y para hacer crecer en 1% al sector servicios fue necesario un gasto del gobierno en ese sector de 207.5 millones de córdobas.

Con un presupuesto estimado para 1987 de 81,834 millones de córdobas (medidos en córdobas de 1980), el problema de distribución de este presupuesto, de manera óptima y con el logro de las metas mínimas establecidas en nivel de empleo, producción agrícola e industrial, puede quedar condensado en el siguiente modelo de programación:

$$P.I.B. = 43,618 X3 + 65,412 X4 + 109,02 X5$$

Que va a servir como función objetivo para todos los análisis posteriores sujetos a diferentes restricciones que se explican a profundidad en cada caso, sometido a diferentes estrategias que se detallan a continuación.

3.3. Estrategias para la presentación y discusión de resultados.

Cuadro 16

a) Esquema de resultados sobre la solución de un problema de programación lineal resuelto a través del programa de cómputo LINDO.

Solución	Valor de la función objetivo	Valor óptimo generado atribuible al total de las variables de elección	
	Sobre las variables	Valor de las variables de elección	Precio sombra de las variables de elección
	Sobre las restricciones	Cantidad que sobró o faltó respecto del monto total impuesto como restricción	Precio Dual de las restricciones
Análisis de Sensibilidad	Sobre las variables	Cantidad en que pueden incrementar o decrecer en forma individual los coeficientes de la función objetivo sin que se modifique la solución básica	
	Sobre las restricciones	Cantidad en que pueden aumentar o disminuir en forma individual los coeficientes del nivel de las restricciones, sin que se modifique la solución básica	

Cuadro 17

b) Interpretación económica sobre los precios sombra de las variables y precio dual de las restricciones

CONCEPTO	INTERPRETACION ECONOMICA	
	CRITERIOS PARA IMPUTAR PRECIOS	A P L I C A C I O N
Precio sombra de las variables de elección	Las variables de elección seleccionadas en una cantidad mayor de cero, tendrán un precio sombra de cero.	Saber en cuánto disminuye o se incrementa la función objetivo al incluir una variable de seleccionado en cero
	Las variables de elección seleccionadas en una cantidad igual a cero, tendrán un precio sombra mayor de cero	Saber en cuánto debe de aumentar o decrementarse el coeficiente de una variable de elección (en la función objetivo) Para ser seleccionada en una cantidad mayor de cero
Precio dual de las restricciones	Las restricciones que se cubren totalmente se les imputará un precio sombra mayor de cero por ser restrictivas (escasas)	Permite determinar el valor de las variables de elección del problema dual
	Las restricciones que no se cubren totalmente se les imputará un precio sombra igual a cero por no ser restrictivas (abundantes)	Permite identificar la restricción más restrictiva en función de la valoración que se le imputó. (Precio Sombra)

Cuadro 18

c) Esquema para el análisis de resultados del problema dual

CONCEPTO	A N A L I S I S
Valor de la función objetivo	Saber el significado del valor de la función objetivo del dual y su correspondencia con el significado de la función objetivo del primal
Variables de elección	Clasificar las restricciones del problema primal en función de la valoración imputada. Identificar las restricciones del problema primal más restrictivas.
Restricciones	Verificar el tipo de condiciones de equilibrio que deben de satisfacer las variables de elección del problema primal Identificar el postulado de teoría económica asociada

3.4. Materiales y Equipo empleados

Dentro de los materiales utilizados para el trabajo de investigación cabe mencionar:

- 1) IBM 370-141 con 1024 k memoria, del Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, con el programa SAS 82.4 para la realización de las correlaciones, regresiones y elaboración de gráficos. Con ella se efectuó los cálculos preliminares y se obtuvo los resultados preliminares que son la base para el modelo de programación lineal.
- 2) Microcomputadoras de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Departamento de Economía Agrícola con el programa LINDO para la obtención del modelo óptimo que permitió llegar a conclusiones y recomendaciones lo más ajustadas posible a la realidad bélica del país.
- 3) Centro de Documentación de las Naciones Unidas (ver bibliografía).
- 4) Centro de Documentación de la Embajada de Nicaragua.
- 5) Centro de Documentación de la Universidad Autónoma Chapingo.
- 6) Centro de Documentación del Colegio de Postgraduados.

IV. DISCUSION DE RESULTADOS

Para lograr la maximización del producto interno bruto se sometió el modelo de programación a diferentes restricciones en forma combinada, tratando de obtener el que me jor se adapte a la situación bélica por la cual atraviesa Nicaragua.

Para todos los modelos siguientes se utilizaron los siguientes datos en diferentes combinaciones:

- 1) Presupuesto total del gobierno = 81,834 millones de córdobas.
- 2) Presupuesto del gobierno excluyendo el 48.99% para sostener los gastos de defensa y administración = 40,090.5 millones de córdobas.
- 3) Empleos totales proyectados = 907,042.
- 4) Incrementos de empleos 1986-1987 = 55,042.
- 5) Tasa de crecimiento mínima requerida por el sector agrícola para cubrir las necesidades de la población = 7.82.
- 6) Tasa de crecimiento mínimo del sector industrial = 1.88
- 7) Tasa de crecimiento tendencial del sector servicios = 10.58.

Para efectuar los análisis se trabajó en base a los esquemas que se presentan en el Capítulo III y a los datos obtenidos en los cálculos del trabajo de computación desglosados en cada modelo, dado que el objetivo general de esta tesis es el de conocer en cuánto se incrementa el valor de la función objetivo si se realiza una unidad de actividad más, de uno de los objetivos establecidos como metas mínimas y los efectos colaterales sobre otros ámbitos sociales y económicos.

4.1. Análisis I

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$2) \quad 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 81834$$

$$3) \quad 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 907042$$

$$4) \quad X_3 \geq 7.82$$

$$5) \quad X_4 \geq 1.88$$

Utilizando la función objetivo ya diseñada, en este primer análisis se somete a las siguientes restricciones:

El presupuesto que se espera distribuir es el presupuesto total del gobierno, los empleos que se espera generar son los empleos totales proyectados, se deja libre el sector servicios y se restringe el modelo a lograr un

incremento de 7.82% en el sector agrícola y 1.88% en el crecimiento industrial para cubrir las necesidades básicas de la población.

Con estas restricciones se observa que el valor de la función objetivo se maximiza en 5,753,917 millones de córdobas, esto significa que es el máximo valor que se puede obtener en estas condiciones.

El modelo también nos indica que para obtener esa maximización del producto interno bruto, los sectores tienen que crecer de la forma siguiente:

Cuadro 19

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	82.75	.00
Servicios	.00	15776.60
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	76.56
3)	1,079,051.00	.00
4)	.00	-65353.52
5)	80.87	.00

Al observar los resultados del modelo se nota que:

El sector agrícola queda en el límite mínimo requerido de 7.82%. Si se analiza las predicciones elaboradas para el período 1987-1990 se nota que el producto interno bruto pasa de 4,741.5 a 4,595.5 millones de córdobas, conforme la tasa de crecimiento del período 1980-1986. En este análisis técnico donde no imperan todavía medidas de tipo social, lo óptimo sería hacer crecer el sector agrícola en 7.82%, el sector industrial en un 82.75% y el sector servicios dejarlo inalterable, porque por cada unidad en que se haga crecer el sector servicios, el valor de la función objetivo sufriría un decremento de 15,776 millones de córdobas de acuerdo con su "costo reducido", a este costo se le denomina costo de oportunidad por el uso de los recursos y corresponde al concepto económico de costo marginal.

La meta de empleos establecida de 907,042, que es el total del nivel de empleo que existe actualmente en el país, se cubre ampliamente con este modelo y todavía se observa un excedente de 1.079,051 empleos que cubriría en un 96.47% la población económicamente activa si el nivel de empleos fuera cero. En el sector industrial también se observa un excedente de 80.86% del porcentaje impuesto como restricción.

De los precios duales se extrae que el sector más restrictivo es el sector agrícola, incrementar una unidad

más significaría una disminución de 65,353.5 millones de córdobas en el valor de la función objetivo.

Cuadro 20

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43,618.00	65,353.52	infinito
X4	65,412.00	infinito	39,229.56
X5	109.02	15,776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS*	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	81,834.00	infinito	69,096.70
3	907,042.00	1,057,068.00	infinito
4	7.82	48.82	7.82
5	1.88	80.87	infinito

* Disponibilidad total del recurso

En este análisis de sensibilidad el coeficiente del sector agrícola puede ser disminuido hasta el infinito sin que los resultados de la solución básica se alteren, esto significa que dada la situación héliica por la cual atravie sa Nicaragua, ningún incremento en el sector agrícola es redituable por estar expuesto a pérdidas en cualquier etapa del cultivo o cosecha. Es más óptimo invertir en el sector industrial que según el modelo puede absorber hasta el

infinito.

4.2. Análisis II

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 81834$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 55042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

Para este análisis el presupuesto gubernamental que debe ser distribuido entre los sectores productivos, es el presupuesto total del gobierno igual que en análisis I y la función objetivo se maximizó en la misma cantidad de 5.753,917 millones de córdobas. Los empleos que se esperan generar son equivalentes al incremento que Nicaragua tiene como meta mínima para el año 1987 con el fin de absorber la creciente población económicamente activa. Se restringe también este modelo a un crecimiento del 7.82% en el agrícola, y a un 1.88% en el sector industrial.

Los resultados observados son:

Cuadro 21

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	82.75	.00
Servicios	.00	15776.60
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	76.56
3)	1,931,051.00	.00
4)	.00	-65353.52
5)	80.87	.00

Las variables, sus valores y sus costos reducidos permanecen inalterables observándose cambios en los excedentes; En los empleos que se generarían que se incrementan en 852.0 miles de empleos.

Los precios duales también permanecen inalterables, con este análisis se demuestra que independiente de la restricción impuesta como meta de empleos, si el presupuesto gubernamental permanece inalterable la valorización de la función objetivo no sufre cambios.

Cuadro 22

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	65353.52	infinito
X4	65412.00	infinito	39229.56
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS*	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	81834.00	infinito	69096.70
3	55042.00	1931051.00	infinito
4	7.82	48.54	7.82
5	1.88	80.87	infinito

* Disponibilidad total del recurso.

En este análisis de sensibilidad sobre las variables se observa un ligero cambio en el sector servicios que presenta un incremento individual de 15,776, millones de córdobas, esto significa que hasta en esa cantidad se puede incrementar la inversión en ese sector sin afectar la solución básica.

En la parte de las restricciones lo más significativa son las cantidades porcentuales en que pueden crecer los sectores agrícolas e industrial que arrojan cifras del

48.5% y 80.9% respectivamente sin afectar la maximización del producto interno bruto.

4.3. Análisis III:

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 81834$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 907042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

$$6) X_5 \geq 10.58$$

En este análisis se somete al modelo a la restricción de hacer crecer el sector servicios en un 10.58% y los resultados fueron que la función objetivo decreció en un 2.99% alcanzando en cifras absolutas un monto de 5,587.001 millones de córdobas.

Se contempla una inversión del presupuesto total del gobierno y una meta de empleos similar a los empleos totales proyectados, obteniéndose la distribución por sectores siguientes:

Cuadro 23

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	80.18	.00
Servicios	10.58	.00
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	76.56
3)	1,089,068.00	.00
4)	.00	-65353.52
5)	78.30	.00
6)	.00	-15776.60

De donde se logra:

El crecimiento del sector servicios. Analizando los resultados se nota que es a costa de un decremento en lo que debería crecer el sector industrial, que baja del 82.75% al 80.18%. Sin embargo, el nivel de empleos alcanzado por este modelo es superior en 10,017 empleos al modelo del análisis I.

En los precios duales se ve que por cada unidad que se incrementa el sector servicios disminuye en 15,776 millones de córdobas el valor del producto interno bruto.

Cuadro 24

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	65353.52	infinito
X4	65412.00	infinito	39229.56
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS*	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	81834.00	infinito	41402.53
3	907042.00	1089068.00	infinito
4	7.82	47.00	7.82
5	1.88	78.30	infinito
6	10.58	322.42	10.58

* Disponibilidad total del recurso

En el análisis de sensibilidad sobre las variables no se refleja cambio en relación con los análisis I y II, pero en los datos sobre las restricciones se observa el mismo fenómeno que en la solución básica, el porcentaje de los otros sectores disminuye.

En la solución básica no podía disminuir el porcentaje del sector agrícola porque es una restricción impuesta al modelo, pero en el análisis de sensibilidad baja del 48.52% (Análisis II) al 47.0% (Análisis III) y el porcen-

taje del sector industrial baja del 80.7% al 78.3% en la misma comparación.

En este análisis los datos computados indican que lo más adecuado sería no invertir en el sector agrícola, ni en el sector servicios, porque en la parte de decremento de las restricciones se registran los porcentajes impuestos al modelo.

4.4. Análisis IV

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 81834$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 55042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

$$6) X_5 \geq 10.58$$

En este modelo se quiere saber que sucede si se mantiene el presupuesto total del gobierno para distribuir lo entre los sectores, si se pone como restricción el incremento del nivel de empleos y un porcentaje de creci-miento en el sector servicios.

La maximización de la función objetivo tiene el mismo monto que el modelo anterior: 5.587,001 millones de córdobas y la diferencia es que el nivel de empleos asciende a 1.941,068 alcanzando un volumen superior al del modelo número II en 10,017 empleos.

Cuadro 25

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	80.18	.00
Servicios	10.58	.00
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	76.56
3)	1,941,068.00	.00
4)	.00	-65353.52
5)	78.30	.00
6)	.00	-15776.60

En los excedentes no existe cambio alguno con el análisis III, pero si con el análisis II, crecen los empleos generados y baja el porcentaje del sector industrial en un 2% aproximadamente, el análisis presente indica otra vez que el sector servicios puede incluirse sacrificando al sector industrial y teniendo por supuesto una menor valorización en el producto interno bruto.

Cuadro 26

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	65353.52	infinito
X4	65412.00	infinito	39229.56
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS*	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	81834.00	infinito	66901.36
3	55042.00	1941068.00	infinito
4	7.82	47.00	7.82
5	1.88	78.30	infinito
6	10.58	322.42	10.58

Los resultados del análisis de sensibilidad permanecen en este modelo iguales a los resultados del análisis II con la variante de la inclusión del sector servicios como restricción y sus efectos que inciden sobre el sector industrial y el valor obtenido del producto interno bruto.

* Disponibilidad total del recurso

4.5. Análisis V

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 40090.5$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 907042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

Las circunstancias ajenas al quehacer económico adquieren en el análisis económico nicaragüense una trascendencia que no es habitual en el examen de la coyuntura de otros países, el principal obstáculo para lograr avances más significativos es el creciente peso que los requerimientos de la defensa tienen en el presupuesto gubernamental, los cuales son bastante inflexibles a la baja debido a la prioridad que les concede el gobierno, por los ataques continuos de una contrarevolución financiada por el gobierno de los E.E.U.U. desde 1981.

En este modelo se excluye del presupuesto gubernamental la parte destinada a la defensa de la soberanía nacional y como consecuencia, el valor de la función objetivo pasa de 5.753,917 a 2,241,790 millones de córdobas, que en términos porcentuales significa un decremento del producto interno bruto de 38.96%.

Interesa también conocer que pasaría si se pone como restricción obtener un nivel de empleos igual al total de empleos proyectados y dejando libre al sector servicios.

Cuadro 27

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	29.02	.00
Servicios	20.05	.00
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	514.85
3)	.00	-16.66
4)	.00	-420124.00
5)	27.14	.00

De los resultados se desprende que el sector agrícola deberá crecer en el mínimo requerido, el sector industrial deberá crecer en un 29.02% y el sector servicios deberá crecer en un 20.05%. Si el gobierno necesita invertir 207.5 millones de córdobas anuales para obtener 109.02 millones de producto interno bruto de servicios, este incremento reflejado es para cubrir la necesidad de creación de empleos y alcanzar la meta de 907,042 empleos que se im

puso como restricción.

En este modelo el único excedente que se observa es en el sector industrial de un 27.1% sobre el 1.88% pues to como restricción.

En los precios sombra se observa que si se trata de incrementar una unidad más en empleos se tendrá una disminución de 16.6 millones de córdobas en el producto interno bruto y si se incrementa una unidad más en el sector agropecuario se observará un decremento de 420,124 millones de córdobas en el valor del producto interno bruto.

Cuadro 28

Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	420124.00	infinito
X4	65412.00	infinito	58947.95
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	40090.50	721.80	3428.47
3	907042.00	105828.10	18986.59
4	7.82	3.81	.89
5	1.88	27.14	infinito

En el análisis de sensibilidad sobre las variables se observa que el sector agropecuario puede ser incrementado en 420,124 millones de córdobas y el sector industrial puede ser llevado hasta el infinito, pero en el decremento individual, el sector agropecuario y el sector servicios pueden disminuir notablemente sin afectar la solución básica del modelo. En el análisis de sensibilidad sobre las restricciones se observa que el presupuesto puede estar en un juego entre + 721.8 y -3,428.5 millones de córdobas del presupuesto apto de ser distribuido entre los sectores productivos. El sector agropecuario puede oscilar entre 3.8% y .89% sin afectar la solución básica, fuera de ese rango se tendrían que efectuar nuevos cálculos y estudiar los resultados.

4.6. Análisis VI

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las restricciones siguientes:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 40090.5$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 55042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

En este análisis el presupuesto asignado como restricción incluye los gastos asignados a defensa y se deja solo la cantidad apta para ser distribuida entre los sectores productivos. Se deja libre el sector servicios y se toma en cuenta en el nivel de empleos solo la cantidad de

incrementos necesaria para absorber mano de obra desocupada.

Cuadro 29

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	33.89	.00
Servicios	.00	15776.60
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	76.56
3)	833013.40	.00
4)	.00	-65353.52
5)	32.01	.00

Siempre manteniendo restringida la distribución del presupuesto nacional entre los sectores productivos, servicios y defensa, pero disminuyendo la meta de empleos al incremento proyectado para 1987, se observa que la función objetivo se maximiza en 2.558,152 millones de córdobas, porque desaparece el crecimiento inducido del sector servicios y se incrementa hasta un 33.89% el crecimiento del sector industrial, generándose un excedente de 833,013 empleos.

Sin embargo, las distorsiones en el empleo provocadas por la agresión son difíciles de superar, la transferencia de asalariados al comercio informal, la creciente movilización para la defensa y las emigraciones provocadas por el mismo conflicto armado, llevan a que se mantenga la paradójica situación de que un elevado porcentaje de la mano de obra permanece subutilizada, en tanto que hay carencias para la realización de actividades productivas de importancia para la economía del país, como se refleja en la movilización de voluntarios a los cortes del café y del algodón.

Cuadro 30

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	65353.52	infinito
X4	65412.00	infinito	39229.56
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	40090.50	infinito	27353.20
3	55042.00	833013.40	infinito
4	7.82	19.22	7.82
5	1.88	32.01	infinito

La influencia del gasto en defensa de la soberanía nacional se observa al comparar los modelos II y VI el cambio más significativo es en los porcentajes en que pueden oscilar los sectores agropecuario e industrial.

Análisis II		Análisis VI	
Sectores		Sectores	
Agropecuario	Industrial	Agropecuario	Industrial
48.5%-7.82%	80.7%-Inf.	19.2%-7.82%	32% - Inf.

El rango en el análisis II es notablemente superior en ambos sectores, lo cual permitiría un desarrollo normal en lugar de la economía de subsistencia que actualmente sostienen.

4.7. Análisis VII

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las restricciones siguientes:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 40090.5$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 907042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

$$6) X_5 \geq 10.58$$

En el modelo presente el presupuesto gubernamental no contiene los gastos de defensa, el nivel de empleos contemplado como restricción es el total del nivel de empleos proyectados y se impone un porcentaje de crecimiento para el sector servicios, los resultados son:

Cuadro 31

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	29.02	.00
Servicios	20.05	.00
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	514.85
3)	.00	-16.66
4)	.00	-420124.00
5)	27.14	.00
6)	9.47	.00

En todos estos modelos el sector agrícola ha mostrado la misma tendencia, mantenerse en una tasa de crecimiento mínima pre-establecida, y es debido a que las pérdidas directas provocadas por la guerra, los efectos de la movilización militar y los reasentamientos poblacionales, la escasez de divisas para un adecuado abastecimiento de insumos; y a partir de mayo de 1985, el embargo decretado por el gobierno de los Estados Unidos, se sumó a los factores internos para generar contracciones en la producción agropecuaria.

El sector industrial deberá crecer en un 29.02% para poder alcanzar el valor óptimo de la función objetivo que registra un monto de 2,241,790 millones de córdobas igual al del modelo número V.

En ambos modelos el sector servicios deberá crecer en un 20.05% para alcanzar el nivel de empleos de 907,402 puesto como restricción, con el presupuesto gubernamental recortado por los gastos de defensa, solo que en este modelo el sector servicios contiene un excedente de 9.47%.

Cuadro 32

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	420124.00	infinito
X4	65412.00	infinito	58947.95
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS*	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	40090.50	340.97	3428.47
3	907042.00	105828.10	8969.04
4	7.82	3.81	.42
5	1.88	27.14	infinito
6	10.58	9.47	infinito

* Disponibilidad total del recurso.

El presente análisis de sensibilidad refleja cambios notorios en la parte sobre las restricciones.

Con un presupuesto de 40,090 millones de córdobas distribuido entre los tres sectores productivos se logran oscilaciones con rangos que van de 3.8% al .4% en el sector agropecuario y del 9.5% al infinito en el sector servicios.

En la parte sobre las variables los modelos V, VI, VII y VIII no reflejan cambios.

4.8 Análisis VIII

Maximizar el PIB = $43618 X_3 + 65412 X_4 + 109.02 X_5$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$2) 1423.40002 X_3 + 854.41998 X_4 + 207.5 X_5 \leq 40090.5$$

$$3) 16150 X_3 + 22475 X_4 + 6405 X_5 \geq 55042$$

$$4) X_3 \geq 7.82$$

$$5) X_4 \geq 1.88$$

$$6) X_5 \geq 10.58$$

En el último de estos análisis se incluyó el presupuesto gubernamental sin incluir los requerimientos de las operaciones de defensa, se estableció un mínimo para el sector servicios y solo se contempla alcanzar el incremento proyectado en el nivel de empleo, para 1987.

Los resultados fueron que el valor del producto interno bruto fue uno de los más bajos de todos los modelos, 2,391,236 millones de córdobas.

Cuadro 33

a) Solución básica

SECTORES	VALOR	COSTOS REDUCIDOS
Agropecuario	7.82	.00
Industrial	31.32	.00
Servicios	10.58	.00
HILERA	DEFICIT O EXCEDENTE	PRECIOS DUALES
2)	.00	76.56
3)	843030.90	.00
4)	.00	-65353.52
5)	29.44	.00
6)	.00	-15776.60

De acuerdo con la tendencia el sector servicios debería crecer en un 10.58% lo cual significa una pérdida. Esta pérdida es en base a lo que producen los sectores agropecuario e industrial.

La pérdida estimada es mucho mayor si se considera el valor de la producción que generaban estos sectores, con la misma inversión del gobierno en ellos, en condiciones

normales.

En el sector agropecuario el gobierno ha adoptado medidas para incentivar la producción (ajustes de precios, financiamiento a bajas tasas de interés, pago parcial en dólares en los casos de los productos de exportación), que no logran compensar a factores negativos tales como: prolongación de la temporada sin lluvias, caídas bruscas en los precios internacionales de algunos productos de exportación, las limitaciones en la compra de insumos, repuestos y maquinaria derivadas de la carencia de divisas y los efectos de la lucha armada y el bloqueo económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos que, aparte de cerrar el mercado de algunos rubros, impidió el abastecimiento oportuno de insumos y repuestos. Todo esto se refleja en la tasa de crecimiento del sector agrícola que permanece inalterable en todos los modelos.

El sector industrial resulta decisivo en el comportamiento global de la economía, porque está destinado a aportar más de la cuarta parte del producto interno bruto y porque la agricultura en las condiciones actuales, debería permanecer con la tasa de crecimiento mínima requerida.

El análisis del nivel de empleo presenta complejidades difíciles de evaluar cuantitativamente, dadas las consecuencias que en su trayectoria tienen las condiciones en que se desenvuelve la economía de Nicaragua. En el modelo

número 8 vemos que no solo se alcanza la meta establecida de 55,042 empleos sino que se obtiene un excedente de 843,030 que es un 92.94% del total de empleados actual.

Pero a pesar de que las cifras oficiales registran una tendencia al aumento del número de desocupados, para la realización de ciertas actividades productivas se advierte una grave carencia de fuerza de trabajo.

El reclutamiento militar ha absorbido una buena cantidad de fuerza de trabajo, especialmente campesinos que han abandonado actividades productivas, obligando a movilizar masas de funcionarios y estudiantes para recoger las cosechas de los rubros de exportación con la consiguiente pérdida de productividad. Estos desplazamientos de la fuerza de trabajo apartan la mano de obra de su actividad habitual, siendo muchas veces difícil incorporarla a las que realizan en su nueva ubicación.

Las tendencias inflacionarias mundiales ejercen también una fuerte presión sobre la economía nicaragüense y sobre el tipo de empleo buscado por la población, la posibilidad de ganancias especulativas en el comercio informal que mejoren el nivel de vida, lleva a los trabajadores del sector industrial y de servicios a abandonar sus actividades tradicionales.

Cuadro 34

b) Análisis de sensibilidad

VARIABLES	COEFICIENTES	INCREMENTOS	DECREMENTOS
X3	43618.00	65353.52	infinito
X4	65412.00	infinito	39229.56
X5	109.02	15776.60	infinito
RESTRICCIONES			
HILERA	RHS*	INCREMENTOS	DECREMENTOS
2	40090.50	infinito	25157.85
3	55042.00	843030.90	infinito
4	7.82	17.67	7.82
5	1.88	29.44	infinito
6	10.58	121.24	10.58

* Disponibilidad total del recurso.

Este análisis de sensibilidad no refleja cambios en la parte sobre las variables y las cantidades en que pueden aumentar o disminuir los coeficientes en forma individual son similares a los de los modelos III, IV y VI

En la parte sobre las restricciones las cifras porcentuales en que pueden oscilar los tres sectores son los más óptimos en conjunto, en forma individual otros modelos reflejan mejores en unos pero no en otros.

<u>Sectores</u>	<u>Porcentajes</u>		<u>Restricciones</u>
Agropecuario	17.6	7.82	7.8
Industrial	29.4	infinito	1.9
Servicios	121.2	10.58	10.6

V. CONCLUSIONES

La base económica que heredó el gobierno sandinista era frágil, subdesarrollada y con profundos desequilibrios estructurales y la agresión armada y el bloqueo económico que sufre de parte del gobierno de los Estados Unidos, hace más determinantes los efectos negativos como se puede comprobar en el presente trabajo.

- a) Las metas mínimas establecidas conforme la tendencia seguida por la serie histórica analizada y tomando en cuenta las necesidades de empleo y alimentación de una población creciente, son difíciles de alcanzar.
- b) En el modelo número 1 se observa lo que sucedería si Nicaragua estuviera en una situación normal; todo su presupuesto sería distribuido entre los diferentes sectores, siendo el óptimo para una recuperación económica, el sector industrial por ser el que genera más beneficios económicos y mayor número de empleos por cada uno por ciento de crecimiento.
- c) Cuando se induce al modelo a tener un crecimiento del 10.58% en el sector servicios, dicho crecimiento se obtiene de una contracción en el sector industrial, que baja del 82.75% al 80.18% lo cual incide en una disminución del valor del producto interno bruto,

por el orden del 3% que en cifras absolutas representa 166.916 millones de córdobas, si se comparan los modelos III y II.

- d) Dadas las perspectivas de la situación militar de Nicaragua, no puede realizarse un análisis realístico, sin tomar en consideración la defensa de la patria frente a la agresión. En el análisis número V se observa como incide el costo de la defensa en el desarrollo económico del país. Se observa cuanto le está costando a Nicaragua garantizar la defensa militar de la revolución, el hecho de verse obligados a utilizar el 48.99% de su escaso presupuesto para sostener su libre albedrío y su autodeterminación política se refleja en un decremento drástico del Producto Interno Bruto de un 38.96%, decremento que se acentúa en los modelos siguientes.
- e) Existe poco margen para un mejoramiento sustancial en el panorama económico de 1987, a pesar de que en todos los modelos se cubren las limitaciones impuestas, obteniéndose incluso excedentes en empleos requeridos, las metas establecidas son las mínimas para una economía de sobrevivencia.
- f) En el análisis VI la función objetivo logra una mayor valorización que en el V, porque el nivel de empleos puesto como restricción es solo el incremento

to necesario para alcanzar el nivel proyectado, pero no incluye el sector servicios que es determinante para el desarrollo de un país, sin el cual lo que se obtiene no es desarrollo sino crecimiento económico.

- g) En el análisis VII la valorización del producto interno bruto es igual al modelo V, pero incluye un porcentaje inducido para el sector servicios, en este sector se contempla, educación, salud, vivienda, etc. que son elementos representativos de un mejor nivel de vida para la población.

Este modelo nos permite incluso incrementar en 9.47% el sector servicios sin afectar la solución básica

- h) El análisis VIII es el que mejor refleja la situación actual de Nicaragua, incluye los gastos de defensa, incluye el crecimiento en el nivel de empleos que se espera alcanzar para lograr el nivel de empleos proyectados. Asimismo contempla un crecimiento en los tres sectores. Agropecuario (7.8%) Industrial (1.9%) y de Servicio (10.6%).

La maximización del producto interno bruto es una de las más bajas de todos los modelos pero los porcentajes en que pueden oscilar los tres sectores, son los más óptimos en conjunto, en forma individual otros modelos tabulan mejores porcentajes.

Cuadro 35

Porcentajes en que pueden oscilar los sectores

Análisis Número	SECTORES					
	AGROPECUARIO		INDUSTRIAL		SERVICIOS	
	INCREMENTOS	DECREMENTOS	INCREMENTOS	DECREMENTOS	INCREMENTOS	DECREMENTOS
I	48.82	7.82	80.87	infinito	- -	- -
II	48.54	7.82	80.87	infinito	- -	- -
III	47.00	7.82	78.30	infinito	322.42	10.58
IV	47.00	7.82	78.30	infinito	322.42	10.58
V	3.81	0.89	27.14	infinito	- -	- -
VI	19.22	7.82	32.01	infinito	- -	- -
VII	3.81	0.42	27.14	infinito	9.47	infinito
VIII	17.67	7.82	29.44	infinito	121.24	10.58

- i) Para sobrevivir, Nicaragua necesita distribuir su presupuesto tentativamente, de la forma siguiente:

Cuadro 36

Distribución del presupuesto gubernamental en porcentajes

7.82%	para el sector agropecuario
48.99%	para administración y defensa
10.58%	para el sector servicios
32.61%	para el sector industrial

Esto significa en términos absolutos:

Cuadro 37

Distribución del presupuesto gubernamental en términos absolutos

6,399.4 millones de córdobas	para el sector agropecuario
40,090.5 millones de córdobas	para la administración y defensa
8,658.0 millones de córdobas	para el sector servicios
26,686.1 millones de córdobas	para el sector industrial

Con este presupuesto de 81,834 millones de córdobas, distribuidos entre los diferentes sectores, la participación observada de cada sector en el Producto Interno Bruto es el siguiente:

Cuadro 38

Participación sectorial en el P.I.B.

Sectores	Porcentajes
Agropecuario	0.20
Industrial	0.30
Servicios	0.50

VI RECOMENDACIONES

Nicaragua considera que su plan de gobierno es el más adecuado para superar las desigualdades del nivel de vida de los diferentes estratos poblacionales que conforman su población.

Sostiene que todos los pueblos del mundo deben ser libres para llevar adelante las políticas que mejor responden a las necesidades internas de los países.

Por todos lados se escuchan masas de poblaciones desprotegidas y hambrientas que claman por una situación más justa y equitativa, por tener, como seres humanos, acceso a comida, vivienda y educación. Nicaragua está luchando por dar una solución a estas voces que en muy pocos gobiernos encuentran acogidas favorables, y para eso requiere de paz y estabilidad interna.

a) En las condiciones de guerra actuales, se considera que el modelo más adecuado para llevar a la práctica, es el número 8. El producto interno bruto es uno de los más bajos de todos los análisis, pero tiene determinados porcentajes para hacer crecer el sector servicios e incluye la defensa de la soberanía nacional.

Dentro de las líneas del gobierno sandinista se contemplan:

Transformaciones Estructurales:

- a) Política de transformación de la estructura de tenencia de la tierra.
- b) Política para fortalecer el movimiento cooperativo
- c) Política para fortalecer el área propiedad del pueblo
- d) Tratamiento al sector no estatal
- e) Organización del Gobierno Central

Todos estos lineamientos y políticas de lo que espera alcanzar el gobierno sandinista en un menor o mayor lapso, han sido tomados en consideración para recomendar el modelo número 8 como base para la formulación de un modelo más sofisticado, que permita integrar datos más depurados y obtener modelos más acordes con la situación real.

Se menciona como ejemplo de esta necesidad, lo que sucede con el sector agropecuario, en los diferentes modelos se induce a un crecimiento del 7.82% por ser el mínimo requerido para el abastecimiento de la población. En un análisis técnico frío, si se deja este sector sin ninguna restricción, sería eliminado, pero profundizando en el porqué de la situación se observa lo siguiente:

El gobierno y sectores privados invierten año con año fuertes cantidades de dinero para hacer crecer el sector agropecuario. Una gran proporción de las áreas más productivas están en zonas en conflicto o cerca de ellas

y la producción obtenida en estas áreas es muy baja. Esta situación se refleja en las estadísticas nacionales que proporcionan promedios, pero en la realidad ciertas áreas están sosteniendo ese promedio con una excelente productividad.

En un modelo depurado, estas situaciones tendrían que ser tomadas en cuenta para saber donde invertir con mejor oportunidad de obtener beneficios que puedan reciclarse.



Chapingo, Marzo 1988.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Anuario Estadístico de Nicaragua 1984. INEC. Nicaragua. 1985.
- Anuario Estadístico de CEPAL 1984. O.N.U. 1985.
- Anuario Estadístico de CEPAL 1985. O.N.U. 1986.
- Beneke Raymond, R. 1984. Programación Lineal Aplicación a la agricultura. Ed. Aedos-Barcelona.
- Carballo Garnica F.R. 1986. Apuntes de Programación Lineal. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Carrillo Cabral, T. 1978. Planificación Agrícola Programada. UACH.
- Ceceña Cervantes, J.L. 1982. La Planificación Económica Nacional en los países atrasados de orientación capitalista. UACH.
- Chiang Alpha, C. 1977. Métodos fundamentales de Economía Matemática. Ed. Mc Graw-Hill, Inc.
- Chalita Tovar, L.E. y Barrera Islas D. 1983. Programación Lineal. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Engels Federico. 1968. Para leer el capital. Ed. Grijalbo, S.A.
- Espinoza Berriel, H.M. 1973. Programación Lineal. Ed. Paz-México.
- González Montero, J. y Pérez García, A. 1977. La Planificación del Desarrollo Agropecuario. ILPES. Ed. Siglo XXI.
- Guajarati Damodar. 1978. Econometría Básica. Ed. Mc Graw-Hill, Inc.
- Manuales de Ciencias Sociales, Economía, Organización y Planificación de la Producción Agropecuaria. 1985. Ed. Progreso, Moscú.
- Matus Gardea, J.A. 1981. Econometría. Centro de Economía. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Marx Carlos. 1976. El Capital. Tomos I, II, III. Ed. Fondo de Cultura Económica.

- Michael Ellman. 1980. La Planificación Socialista. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- Mena Martínez, J.A. 1979. Aplicación de la Técnica de Programación Lineal a un Problema Económico. UACH.
- Nicholson, R.J. 1976. Econometría y Problemas Económicos. Ed. Oikos- Tau, S.A. España.
- Nikitin, P. 1977. Economía Política. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- Plan Económico Nacional de Nicaragua 1987. Secretaría de Planificación Nacional. Enero 1987.
- Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología 1980. CONACYT, 1981.
- Rostow, W.W. 1967. La Economía del Despegue hacia el crecimiento autosostenido. Ed. Alianza, Madrid.
- Salvatore Dominick. 1983. Econometría. Mc Graw-Hill, Inc.
- Zepeda Rodríguez, J.J. 1985. Modelo de Programación Lineal Computarizado para un sistema agroindustrial del trigo en México.
- Wei Hu The. 1979. Econometría. Ed. Fondo de Cultura Económica.

