



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLAN

DIVISION DE CIENCIAS BASICAS

**UNA APLICACION DE LA TEORIA DEL CONTROL  
A UN MODELO PARA EL ESTUDIO DEL  
DESARROLLO ECONOMICO MEXICANO**

**CASO: EL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO  
INTERNO BRUTO EN EL PERIODO  
DE 1988 A 1994.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER LA LICENCIATURA EN:  
**MATEMATICAS APLICADAS Y COMPUTACION**

P R E S E N T A :  
**RAUL ROSILLO FLORES**

ASESOR: JORGE LUIS SUAREZ MADARIAGA



FEBRERO 1992

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I METODOLOGIA DE LA TEORIA DEL CONTROL	3
I.1 Teoría del Control	3
I.2 Modelos de Control No-Lineal	3
I.3 Metodología de la Teoría del Control Cuadrático-Lineal	5
I.4 Aplicaciones de la Teoría del Control en la Economía	8
CAPITULO II IDENTIFICACION DE METAS Y ESTRATEGIAS DE LA ECONOMIA MEXICANA RECIENTE	11
II.1 Antecedentes	11
II.2 Políticas de Estabilización a partir de Diciembre de 1987	14
II.3 Elementos de Análisis de la Teoría del Control	18
CAPITULO III ESTIMACION DEL MODELO MACROECONOMICO	26
III.1 Especificación del modelo econométrico	26
III.2 Estimación del Modelo Econométrico	27
III.3 Análisis del Comportamiento Predictivo del Modelo	31
III.4 Análisis de Resultados	35
CAPITULO IV APLICACION DE LA TEORIA DEL CONTROL	40
IV.1 Definición de la Función Cuadrática	40
IV.2 Análisis de Estabilidad	44
IV.3 Simulación con distintos Niveles de Penalización y Análisis de Resultados	56
CONCLUSIONES	64
APENDICE	67
BIBLIOGRAFIA	71

## INTRODUCCION

Sin lugar a dudas los modelos económicos son imprescindibles en la toma de decisiones del Estado. Por este motivo, la intención de este trabajo es desarrollar un modelo de control óptimo basado en una estimación econométrica simple para México a partir del año de 1980. Este modelo permitirá una revisión de la viabilidad de las metas de crecimiento tomando en cuenta los movimientos en la política fiscal y financiera. En particular, se pretende pronosticar el comportamiento económico agregado al sujetarse a estímulos fiscales. En una etapa posterior, con una adecuación del modelo macroeconómico, se observará la posibilidad que las políticas planteadas por el Gobierno actual alcancen el crecimiento planeado del 6% a lo largo del sexenio, y en forma específica, dar pie a interpretar el impacto de las medidas tomadas en las variables de política fiscal.

En la primera parte del trabajo se define la metodología de la teoría del control. Se establece su dinámica y se muestra la conexión entre las variables presentes, pasadas y futuras. Se justifica su utilización porque la aplicación de políticas gubernamentales para la estabilización y el crecimiento requiere de una comprensión profunda de sus efectos a través del tiempo. La elaboración de tales políticas hace importante también descifrar la interacción entre las variables macroeconómicas, pero ésta es una tarea difícil, y en ocasiones, carece de resultados prácticos. Del mismo modo, la predicción del comportamiento agregado como respuesta a la intervención estatal tiende a ser incierta y de una alta complejidad.

Con el fin de elaborar una referencia para definir la situación de los modelos macroeconómicos, se contemplará una síntesis de algunos modelos basados en la Teoría del Control Óptimo vinculados a la Economía. Esto es con el fin de presentar distintos modelos de comportamiento agregado y políticas relacionadas, y enfrentar la limitación a que nos sujetamos cuando elegimos un modelo y asignamos pesos a las políticas. Son de especial interés las cuestiones relacionadas a la elección de alternativas de consumo, frente a alternativas de inversión.

A continuación, como segundo elemento del trabajo, se emprende un análisis de las metas del gobierno bajo el mandato del Lic. Salinas de Gortari. Se sabe que una meta prioritaria en el proyecto del Estado es lograr la estabilidad económica. De la mano, concurren metas relacionadas para dirigirse hacia dicho fin al término del sexenio, tales como el crecimiento del producto interno bruto y a la disminución de la variabilidad de los precios. En específico, el Gobierno propuso un crecimiento del producto del 6% durante el sexenio, al mismo tiempo que se intentará mantener a las

tasas de inflación a un nivel menor al 20% anual. En este lapso de seis años se implementarán estrategias para consolidar dichas metas.

En seguida, se expone la situación actual del país. En particular se toman en cuenta algunos antecedentes que llevaron a la crisis del sistema de la década de los ochentas. Entre éstos se muestran los niveles de crecimiento y se ligan a la tasa de incremento de la población. Además, se desagrega la demanda, para hacer viable identificar las políticas potenciales a las que puede recurrir el gobierno en el seguimiento de sus metas. Se hace énfasis en la tendencia decreciente del ingreso nacional entre los años de 1982 y 1987, y se plantea la duda de la posibilidad del sostenimiento de un producto creciente para mejorarlo. Por lo que respecta, a la relación de México con el exterior se señalan los efectos de la deuda y la transferencia de recursos al exterior.

Para proseguir con el análisis de la situación del país, se hace hincapié en las políticas que se establecen, con base en los documentos de la Presidencia. Sin embargo, al tener México una economía abierta, se toman en cuenta algunos compromisos con el exterior con organismos como el Fondo Monetario Internacional.

La tercera parte consiste en estimar un modelo macroeconómico. En esta etapa, se definen como elementos principales del modelo: el consumo, la inversión, el producto interno bruto agregados, el gasto del gobierno, la balanza comercial, la oferta monetaria y las tasas de interés. Las políticas fiscales manejadas serán la oferta de dinero y el gasto del gobierno.

Por último, se aplica la teoría del control óptimo al modelo macroeconómico estimado, analizando una simulación de crecimiento económico. Para efectuar las simulaciones se asignan pesos y sendas dinámicas distintas a las políticas fiscales. De esta manera es posible abordar los efectos del crecimiento con estabilidad de precios.

## CAPITULO I

### METODOLOGIA DE LA TEORIA DEL CONTROL

Este capítulo contempla una breve explicación de la metodología de la teoría del control en un contexto cuadrático-lineal. Se visualizará principalmente, la utilización de la teoría del control vinculada a una función cuadrática con restricciones lineales. También se menciona la importancia del análisis no-lineal, exponiendo algunas de sus ventajas y debilidades. Sin embargo, no se contempla un estudio profundo de funciones objetivo de mayor complejidad, restricciones no-lineales, ni tampoco, su aplicación desde el punto de vista de las expectativas racionales. En la siguiente sección del capítulo, se contempla una breve exposición de modelos que han utilizado la teoría del control como herramienta.

#### I.1 Teoría del Control

Es indispensable el uso de modelos macroeconómicos para interpretar la interrelación de las políticas de estabilización y su consecuencia en el contexto económico. Con esta intención se han desarrollado distintos tipos de modelos, que se clasifican de acuerdo con la forma como conciben el tiempo, en estáticos y dinámicos. Entre los estáticos contamos con los Modelos de Ventaja Comparativa y Equilibrio General Computable, entre otros. Por el lado de la dinámica, existen Modelos de Substitución Intertemporal, de Expectativas Racionales, de Control Óptimo, etc.

Entre las técnicas que han sido desarrolladas para el estudio de los fenómenos dinámicos mencionados se ubica el control óptimo. Esta herramienta, basada en la elaboración de modelos de programación dinámica, ofrece una perspectiva de análisis en la utilización y aplicación de mecanismos regulatorios. En el ambiente del control óptimo además, se encuentra presente la posibilidad de observar la evolución de los alcances y la factibilidad de estrategias al paso del tiempo.

Si se parte del hecho que la información económica disponible consiste de estadísticas medidas en forma discreta, los modelos de control óptimo discreto son apropiados para este análisis. Al igual que la realidad, éstos también pueden alcanzar niveles de complejidad bastante elevados, pero esta complicación puede aliviarse un poco con modelos lineales.

#### I.2 Modelos de Control No-Lineal

Existen modelos que han sido difundidos ampliamente, porque su concepción ha estado ligada al crecimiento de las economías. En

1969, Kendrick y Taylor elaboraron un modelo trascendente para el estudio de Túnez. Con éste, se demuestra la factibilidad de resolver problemas no-lineales de la teoría del control con métodos numéricos conocidos y que podían ser diseñados en las computadoras de la época. Lo anterior significa que los modelos podían incorporar funciones de producción no-lineales y de bienestar social. Este modelo logró obtener una solución, cuya estructura involucraba el estudio de cuatro sectores con funciones de producción de elasticidad constante y una función no-lineal de bienestar social a lo largo de treinta períodos. De modo que se pueda comprender más a fondo la definición de la función de bienestar social, es suficiente señalar que se trata de una función de sustitución intertemporal del consumo.

El modelo de Kendrick-Taylor proporcionó interesantes resultados. Entre éstos, se encuentra la derivación de trayectorias de inversión. Además, se pueden definir distintas estrategias de desarrollo. Una de éstas implica que la mayor parte de la inversión se ocupe en los primeros períodos, para construir una industria pesada restringiendo el desarrollo de la ligera y de producción de bienes de consumo. Así mismo, se define una alternativa, invertir en la agricultura y minería en las etapas iniciales, para aumentar las exportaciones y obtener recursos del extranjero para la importación de bienes de capital, con el fin de desarrollar posteriormente los sectores de industria ligera y pesada.

Con base en el modelo expuesto y en modelos no-lineales similares se identifican ciertas ventajas. Se puede identificar una idea importante para el crecimiento económico, los parámetros de la función objetivo incorporan distintas elasticidades de demanda para cada sector, por lo que las industrias de mayor crecimiento resultan ser aquellas para las que la elasticidad ingreso de la demanda es alta. Además, incluyen en general la estructura insumo-producto de la economía, indicando que el desenvolvimiento de algunos sectores permite una mayor acumulación de capital. Por otra parte, se contempla la posibilidad de observar las restricciones en las importaciones.

Entre las desventajas de estos modelos es el tratar a las exportaciones como exógenas. Otro inconveniente es que la función objetivo no tiene una relación muy directa con la forma en que los hacedores de políticas toman las decisiones. En adición a estas dos desventajas, se enfrenta la carencia de un sistema de precios y salarios, inconveniente que valida la utilización de la teoría del Equilibrio General <sup>1</sup>. Tampoco es posible incorporar fácilmente las economías de escala porque pueden proporcionar múltiples soluciones

---

<sup>1</sup> Los modelos que se desarrollan en la teoría del Equilibrio General tienen una estructura muy definida en cuanto al análisis de los precios y salarios de un sistema económico. Permiten además el estudio de los efectos en la distribución del ingreso cuando se aplican políticas. Sin embargo, no ofrecen un buen seguimiento a la inversión y crecimiento, ya que no proporcionan resultados dinámicos.

locales, y no globales como lo haría uno de diseconomías de escala<sup>2</sup>.

Es difícil en general, hablar en términos de funciones objetivo no-lineales al aplicar políticas económicas. Por tal motivo, este método con capacidad aclaratoria es útil, aunque se requiera desechar algunas de las propiedades teóricas de los modelos no-lineales. Esto es, se aplica una función de rastreo cuadrática sujeta a restricciones lineales, problema comúnmente utilizado en la teoría del control. Este problema de optimización ha sido aplicado en la macroeconomía abierta por Aoki (1989) y Sargent (1989), y en el análisis del crecimiento por Martens y Pyndick (1975).

### I.3 Metodología de la Teoría del Control Cuadrático-Lineal

La alternativa planteada, es definir una función que represente las decisiones de los hacedores de política en relación a las trayectorias deseadas para la economía. Por ejemplo, un político puede preferir un crecimiento lento en el sector de bienes de consumo, y uno rápido en las industrias exportadoras en el corto plazo, seguido de un crecimiento veloz de la industria pesada en el mediano plazo con un crecimiento importante en la producción de bienes de consumo al final del período.

Se pueden concebir una o varias metas a alcanzar en la economía representadas en una función de rastreo cuadrática. Si tratáramos de estudiar una sola variable, la función de rastreo cuadrática se estructura de la siguiente manera:

$$J = \sum_{t=0}^T (x_t - \hat{x}_t)^2 \quad (1 \quad 1)$$

donde

$J$  - valor de la función objetivo

$x_t$  - valor de la variable en el tiempo  $t$

$\hat{x}_t$  - valor deseado de la variable en el tiempo  $t$

Se llama función de rastreo porque la variable  $x_t$  debe rastrear la trayectoria deseada  $\hat{x}_t$  para minimizar el valor de la función objetivo. En el caso de dos variables, por ejemplo  $x_{1t}$  y  $x_{2t}$ , es necesario asignar coeficientes de penalización a cada uno de los términos así:

<sup>2</sup> Un método que permite el estudio de las economías de escala es usar problemas de programación mixta-entera que toman en cuenta todas las soluciones locales para obtener el óptimo global. Estos modelos están basados en la programación heurística de manera sobresaliente. Westphal (1971) utiliza el método para el estudio de Corea del Sur.



$$J = \sum_{t \in T} [w_1 (x_{1t} - \hat{x}_{1t})^2 + w_2 (x_{2t} - \hat{x}_{2t})^2] \dots (1.2)$$

donde

$x_{1t}$  - valor de la variable 1 en el tiempo  $t$

$\hat{x}_{1t}$  - valor deseado de la variable 1 en el periodo  $t$

$w_1$  - pesos de penalización para la variable 1

La elección de una penalización alta para una de las variables en relación a otra, indica que hay mayor prioridad para que esa variable siga la trayectoria deseada. Por ejemplo, hay quienes piensan que es más importante ajustarse a las metas de crecimiento del producto que a las metas de un aumento a las pensiones. Se asigna, por lo tanto, un valor alto al peso para la primera variable.

La forma matricial del modelo, comúnmente utilizada en Economía es:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{t \in T} (x_t - \hat{x}_t)^T W (x_t - \hat{x}_t) \dots (1.3)$$

donde

$x_t$  - vector de variables de estado

$\hat{x}_t$  - vector de variables deseadas

$W$  - matriz diagonal de penalizaciones

El vector  $x_t$  es llamado vector de estados. Las variables de estado se utilizan para describir el estado de la economía, es decir, son las variables macroeconómicas que no se pueden afectar directamente por el organismo regulador. A su vez, existen variables de control, que denominaremos  $u_t$ . Estas variables denotan los instrumentos de política, como por ejemplo, el consumo del Gobierno que se regulan más directamente.

Existen además trayectorias deseadas y penalizaciones para las variables de control. En forma conjunta pueden determinar la estructura de una función para estudiar las desviaciones de las políticas con respecto de las trayectorias deseadas y la manera más efectiva de aplicación de las mismas, de modo que las variables de estado alcancen la trayectoria originalmente planteada. La función objetivo se construye:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{t=0}^{T-1} \{ (x_t - \hat{x}_t)^T W (x_t - \hat{x}_t) + (u_t - \hat{u}_t)^T R (u_t - \hat{u}_t) \} \quad (1.4)$$

donde

$J$ -valor de la función objetivo

$\hat{x}_t$ -vector de los valores deseados de las variables de estado

$u_t$ -vector de las variables de control

$\hat{u}_t$ -vector de los valores deseados de las variables de control

$W$ -matriz diagonal de penalizaciones para las variables de estado

$R$ -matriz diagonal de penalizaciones para las variables de control

Si asignamos penalizaciones altas a los elementos de la diagonal de  $W$  en relación a  $R$ , proporcionamos una prioridad alta de que las variables de estado sigan las trayectorias deseadas sin dar demasiada importancia a las sendas que siguen las de control.

La ecuación anterior se ha extendido en el análisis de la selección de políticas. El planeador elige las trayectorias deseadas y prioridades para las variables de estado y de control, entonces se resuelve el modelo y se le proporcionan las soluciones óptimas  $x^*$  y  $u^*$ . De esta manera la entidad que toma decisiones sólo necesita saber distinguir la importancia de la evolución de cada una de las variables, ya sean de estado o de control, para elegir las penalizaciones que dará a cada variable.

Definimos de manera simple el proceso de elección de los valores de las variables de control y de las trayectorias que seguirán las variables de estado. El planeador informa la importancia de que cada variable siga una trayectoria deseada, se obtienen los valores óptimos de  $x$  y  $u$ , y se retroalimentan al mismo planeador de políticas. Con esta información, el planeador puede elegir nuevas sendas para  $x$  y  $u$ , o nuevas penalizaciones para el desenvolvimiento de las variables. Esto significa que el tomador de decisiones sólo necesita definir claramente sus preferencias de  $x$  y  $u$ .

El criterio utilizado en el modelo es un sistema de ecuaciones que proporciona un problema cuadrático lineal de rastreo. Los sistemas de ecuaciones contienen al modelo y deben ser ecuaciones en diferencias, ya sea lineales o linealizadas.

$$x_{t+1} = A x_t + B u_{t+1} + c \quad (1.5)$$

donde

$A$ -matriz de coeficientes de las variables de estado

$B$ -matriz de coeficientes de las variables de control

$c$ -vector de constantes

Por tanto, el problema es maximizar la Ecuación 1.4 sujeta a la restricción 1.5.

Es indudable que bajo la perspectiva de la teoría del control óptimo surjan problemas y limitaciones. El principal problema reside en establecer o verificar la viabilidad de las metas a las cuales se encausará a la economía. Debido a que este tipo de modelos capturan muchas de las ideas de la teoría del desarrollo económico, se necesita que las metas y las estrategias para alcanzarlas estén bien fundamentadas. Es decir, la teoría del control óptimo de retroalimentación debe ir de la mano de la Teoría del Desarrollo Económico.

Una segunda limitación se presenta cuando los economistas diseñan una regla de retroalimentación basados en el comportamiento pasado de los agentes, y luego la anuncian. Entonces los individuos cambian su comportamiento en respuesta al anuncio. Por ello, cuando las autoridades han diseñado una regla de retroalimentación, y la hacen pública, no se puede descartar que los agentes cambian su modo de comportarse. A pesar de lo anterior, la regla puede diseñarse de tal modo que se tome en cuenta el cambio esperado en el comportamiento. Pero nuevamente aparece una crítica, ya que existe desconocimiento en la dirección y magnitud de la respuesta de los agentes.

Una tercera limitación de los modelos de control de retroalimentación es la elección del modelo. Por mencionar un dilema, la pugna entre los keynesianos y neoclásicos del comportamiento del ahorro y el consumo para el crecimiento. Es decir, si primero se debe de aumentar la tasa de ahorro para crecer o viceversa. El énfasis de esta limitación radica en que los economistas no pueden hacer experimentos controlados en laboratorios, y que no pueden estar seguros de la exactitud de los modelos que eligen.

Una limitación final es que los agentes no están sometidos a un único gobernante, sino que existen conflictos entre los grupos a causa de diversos intereses. Pero actualmente, se trata de solucionar este problema de la toma múltiple de decisiones bajo el marco de la retroalimentación.

#### **I.4 Aplicaciones de la Teoría del Control en la Economía**

En el capítulo anterior se planteó la dificultad de la elección de las penalizaciones que se debían otorgar a distintas políticas. En la elección de trayectorias y pesos asignados a las mismas, Pindyck (1973a) hace una discusión detallada. En principio, se sugiere la posibilidad de tomar en cuenta los indicadores económicos del Presidente para asignar penalizaciones. Además Kendrick(1988) sugiere que se hagan simulaciones con computadora para elegir las penalizaciones de tal forma que las reglas de

retroalimentación pueden aplicarse para guiar a la economía hacia las trayectorias deseadas con un mínimo de inconformidades.

En el aspecto dinámico de la teoría del control encontramos que tanto la decisión como el rezago del efecto incluyen rezagos de reconocimiento, es decir, el tiempo que transcurre para que se reconozca un cambio económico. Se sugiere también tomar en cuenta el estudio de los rezagos en el contexto macroeconómico. Por lo que respecta a la dicotomía entre las variables de estado y de control en el contexto macroeconómico, podemos ver a Pindyck(1973).

No es posible negar la existencia de la posibilidad de impactos aleatorios que afectan a la oferta o demanda agregadas. Se han elaborado modelos macroeconómicos para estudiar la incertidumbre de los choques aleatorios. Se pueden tomar en cuenta los modelos de: Bray(1974), para el análisis del gobierno británico; Garbade(1975), acerca del control discrecional de la actividad económica agregada; y Kendrick(1982), quien elabora un modelo macroeconómico con incertidumbre de choques, comportamiento y medición.

Si nos involucramos más específicamente en la aplicación de la teoría del control cuadrático lineal en problemas macroeconómicos, encontramos que en Estados Unidos se han utilizado aportaciones de Pindyck(1973a y 1973b). También se han escrito libros de texto como: Aoki(1967 y 1989), Bryon y Ho(1969), Chow(1975 y 1981), Kendrick(1981), Pitchford y Turnovsky(1977), y Sargent(1989). Las aplicaciones que toman en cuenta la teoría del control en los modelos macroeconómicos con incertidumbre en el comportamiento de los agentes son la de Cooper y Fisher(1975), Craine(1979) y Schupp(1972).

En el campo de la agricultura también encontramos derivaciones de la teoría del control, por ejemplo, Arzac y Wilkinson(1975) analizan el mercado de granos, un estudio de Craine(1979) comprende políticas macroeconómicas encaminadas al campo, tal y como el de Schupp(1972)<sup>3</sup>. Como una referencia para la aplicación de las reglas de retroalimentación en la teoría del control contamos con Arzac y Wilkinson(1979) y a Russer(1978).

Existe, por otra parte, una amplia difusión de modelos determinísticos macroeconómicos con una gran variedad de funciones objetivo. Puede uno referirse a Craine et al(1976), Fair(1974), Livesey(1971) y Turnovsky(1979). También existe la explicación de la función cuadrática asimétrica de Friedman(1972). En este caso, existen métodos iterativos para determinar las penalizaciones de

<sup>3</sup> Las reglas de retroalimentación son útiles en las políticas agrícolas. Los precios de apoyo (support) se fijan actualmente sin tomar en cuenta a la macroeconomía, aunque los precios agrícolas contribuyen en la determinación de la tasa inflacionaria. Las reglas de retroalimentación para los precios de apoyo, podrían ser determinados por la oferta y demanda de fibras y granos, y las compras y ventas entonces jugarían un importante papel estabilizador.

las funciones objetivo cuadráticas.

La aplicación de las expectativas racionales en la teoría del control se encuentra en Sargent y Wallace(1976) y Lucas(1976), y para una discusión de la inconsistencia de políticas ver a Kydland y Prescott(1977). La estimación de modelos con expectativas racionales tiene sus raíces en Chow(1980) y Taylor (1979). Para una descripción de los métodos de aprendizaje combinados con el control están referidos por Prescott(1972) y Kendrick(1982).

Para terminar con esta exposición de autores que complementan sus modelos en la teoría del control, abarcar los métodos para recabar información y para un método de selección de la mejor regla de retroalimentación posible podemos consultar a Chow(1977).

## CAPITULO II

### IDENTIFICACION DE METAS Y ESTRATEGIAS DE LA ECONOMIA MEXICANA RECIENTE

En este capítulo se pretende hacer una vinculación de las analogías de desarrollos que se han hecho en el campo de la teoría del control y los programas de estabilización y crecimiento del caso mexicano. En un inicio, se esbozan algunos antecedentes de la situación actual del país enfatizando la política gubernamental de compresión de la demanda agregada entre 1982 y 1988. Así mismo, se hace un recuento de los alcances de los programas de estabilización, elemento de señalización de los indicadores económicos, y se identifican variables de posible utilización en un modelo de control macroeconómico.

#### II.1 Antecedentes

Después de la década de los sesentas y durante el proceso de industrialización, vía sustitución de importaciones, la economía mexicana se caracterizó por déficits estructurales inscritos en la balanza de pagos sin interrupción. Al final del período, la economía había recibido financiamiento externo a través de préstamos, cuyos intereses se cubrieron con nuevos créditos, resultando como saldo una economía que absorbió más recursos de los que se generaban. En el año de 1982, bajo la incertidumbre de los precios del petróleo y su baja real en el año anterior, la situación económica se agudiza cuando la comunidad de países acreedores se rehúsa a otorgar más préstamos a México.

Una primera revisión de las políticas macroeconómicas y sus consecuencias durante el período 1982-1986 señala que las políticas seguidas no fueron las apropiadas, en razón a la gran transferencia neta de recursos al exterior y a la deficiente utilización de fuentes domésticas. Durante el período de estudio considerado, el equipo de gobierno diagnosticó como necesario un cambio estructural de la demanda agregada, principalmente a través de políticas en la esfera de las erogaciones fiscales y del tipo de cambio. El principal objetivo de estas medidas correspondían al saneamiento de las finanzas públicas y al equilibrio de la balanza de pagos. Si bien el gobierno implementó políticas en tales ámbitos, sus efectos fueron contraproducentes, puesto que la devaluación de 1982 tuvo un gran impacto inflacionario, en lugar de corregir el desequilibrio estructural. Se pueden anotar como consecuencias de estas medidas una marcada desmejoría en la distribución del ingreso y una menor posibilidad de adquirir o producir bienes de capital.

En lo que respecta al pago del servicio de la deuda, se considera que el gobierno en lugar de optar por la transferencia masiva de recursos, la cual tuvo como consecuencia la compresión de

la demanda interna y depresión de la capacidad productiva de la economía, debió limitarse a un pago proporcional a la capacidad de crecimiento del país<sup>4</sup>.

Un efecto claro de la contracción de la demanda agregada, es que el producto cae debido a la desincentivación y reducción, tanto de la inversión, como de las importaciones de bienes de capital. Parte de dicha caída en la inversión se debió a la política fiscal de reducción de gasto. La formación de capital actuó como el elemento residual en los intentos del gobierno para reducir su déficit nominal. Por otra parte, la inversión privada respondió a esta tendencia comprimiéndose, ésto causado por dos rasgos estructurales de la economía mexicana: la tendencia procíclica de la inversión y por la falta de competitividad de las manufacturas nacionales.

En lo que respecta al volumen del consumo privado, éste se redujo a un promedio anual de 5% entre 1981 y 1987, lo que en términos per cápita equivale a una reducción del 17% anual. La causa de este fenómeno parece responder a la caída en los salarios reales debido a los efectos ocasionados por la acelerada inflación. En principal medida es consecuencia del rezago de los salarios ante la variación acumulada del nivel general de precios.

Ante las proporciones de la inflación, y sus efectos en las tasas de interés y la deuda doméstica, las cuales se indexaron a la inflación, el gobierno de De la Madrid trató de frenarla a través de medidas de políticas anti-inflacionarias graduales. Para ello, se recurrió a un intento de saneamiento fiscal, pero a causa de la deuda interna y su relación con la inflación, el plan no fué exitoso.

Un efecto indeseado de la política económica fué el que contribuyó a las presiones inflacionarias, en lugar de combatirlas. Si bien aumentaron los impuestos y se cortaron los subsidios de bienes clave y aumentaron los precios reales de bienes y servicios del sector público en razón a los imperativos de saneamiento presupuestal, nunca se alcanzaron las metas nominales, y de cierta forma se estableció un círculo vicioso de inflación acelerada. Al elevarse la tasa de inflación, los pagos de intereses nominales se expandieron más que los ingresos fiscales adicionales, de tal forma que se necesitaban recortes adicionales del gasto y precios más elevados de los bienes y servicios públicos.

El principal factor detrás de la inflación acelerada, sin embargo, fué la política de frecuentes devaluaciones. El efecto de tales devaluaciones fué el de restringir la demanda doméstica a

---

<sup>4</sup> Según cálculos efectuados por Brailowsky(1989), si se hubiera limitado la transferencia de recursos al exterior de acuerdo a la capacidad de crecimiento de la economía, el producto potencial hubiera sido cualitativamente mayor a la trayectoria observada.

través de la inflación y sus consecuencias en la distribución del ingreso.

La modificación del tipo de cambio, en lugar de lograr el superávit externo, el cual efectivamente se alcanza mediante la reducción de la demanda interna, provoca el deterioro de los términos de intercambio y contribuye de forma determinante al proceso inflacionario.

El tipo de cambio y los precios del sector público sufrieron fluctuaciones considerables en el periodo. La idea era de implementar cambios nominales a tasas mayores para tomar en cuenta la subsecuente inflación estructural. El resultado fué de devaluación mayor a la esperada. Aunque se reconoce que la política fué efectiva en cambiar los precios relativos.

Como señalamos anteriormente, la inflación redujo el poder adquisitivo del salario. El comportamiento de las clases trabajadoras al oponer poca resistencia salarial, fue el elemento que previno la hiperinflación. Si bien se llegaron a hacer revisiones del salario mínimo en forma trimestral se indexaron sin tomar en cuenta su valor presente, es decir, sólo trataban de recuperarse de la inflación pasada. Con la consecuencia de una fuerte reducción de los salarios reales a causa de la inflación.

Como se señaló, la generación del superávit comercial fué la consecuencia de reducir el valor de las importaciones. Las exportaciones petroleras alcanzan su pico entre 1982 y 1984, tanto en valor como en volúmen. Sin embargo, se redujeron posteriormente, y en particular, el precio del petróleo en 1986 se redujo a la mitad. Debido a que era el principal componente de las exportaciones, impuso un mayor problema al pago de los servicios de la deuda, aunada a la negación de préstamos del exterior. En comparación a 1985, las exportaciones de petróleo crudo y sus derivados cayeron en 1986 en 8.5 billones de dólares. Hubo una recuperación en 1987 pero regresó a los niveles de 1986 en 1988. Las exportaciones de bienes no petroleros crecieron en forma impresionante, pero no fueron importantes en la balanza sino hasta finales del periodo.

En un inicio las exportaciones de crudo y derivados conformaban el 78% de las ventas totales al exterior. Es claro que entre 1981 y 1987 el precio del petróleo dominaba los patrones de los términos de intercambio. Sin embargo, los precios de las exportaciones de bienes no petroleros cayeron considerablemente en comparación al aumento de las importaciones. Es posible que se debiera a la reducción de precios internacionales de materias primas. Pero también estuvo presente la política de reducción de los deflatores de exportaciones. Por lo tanto, esta política redujo el ingreso nacional en términos reales, contribuyendo al deterioro de los términos de intercambio. Parecería que se trató de obtener recursos, la mayor cantidad de recursos a través las



exportaciones.

El objetivo de la política cambiaria para producir un superávit con el exterior fué básicamente aumentar la inflación y reducir el poder de compra, en particular de los salarios. La inflación redujo los componentes del gasto del sector público que se fue substituyendo con el pago de intereses. Por lo tanto, la demanda doméstica se comprimió para reducir las importaciones y aumentar las exportaciones. La tasa de cambio actuó a través de estos medios indirectos. Y con la liberalización comercial aumentaron las elasticidades de importaciones, haciendo el problema aún mayor.

Para crear un excedente comercial se ocasionaron pérdidas, no sólo en las transferencias, sino también en el desperdicio de recursos. Análisis de fuentes tanto nacionales como extranjeras muestran que el pago de este tipo de políticas las pagaron los ingresos producto del trabajo.

El período de 1982 a 1988, que comprende el sexenio de Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, culminó con una economía en peores condiciones que las imperantes en 1981. Había una menor capacidad productiva con una base industrial de menor tamaño. El ingreso nacional decreció acompañado con una acentuación de las tendencias regresivas en la distribución del ingreso. Aumentó el desempleo y el subempleo. La economía, además, quedó más vulnerable a las variaciones de los ciclos económicos internacionales. También, en vez de que hubiera una reducción en el monto de la deuda, ésta se incrementó. Y algo que se debe enfatizar, es la inestabilidad política y social que se generó. Pero lo más criticable del período es que en vez de plantearse soluciones de largo plazo, se trató de mantener la confianza de los banqueros extranjeros y de un sector minoritario.

## **II.2 Políticas de Estabilización a partir de diciembre de 1987**

El Pacto de Solidaridad Económica (PSE) firmado el 15 de diciembre de 1987, tuvo como objetivo fijar políticas económicas para abatir la inflación a corto plazo - a más tardar en junio de 1988 - en un clima de inestabilidad social. Posteriormente, a la luz de un nuevo sexenio se permitió la continuidad de las políticas de estabilización, iniciándose una nueva etapa denominada Pacto para el Crecimiento y Estabilidad Económica (PECE). Este último marca políticas económicas que se extienden hasta finales del mandato del Lic. Salinas de Gortari.

En diciembre de 1987 se anunció el PSE, cuyo objetivo era la estabilización de la economía, evitando al mismo tiempo, una recesión. Los principales elementos que se implementan fueron los siguientes:

- Un incremento del superávit primario del sector público en cerca del 3% del PIB. La meta era alcanzar un superávit de 8.2% del PIB en 1988, por medio de una reducción de gastos del gobierno a 1.5% del PIB y un aumento de precios y tarifas del sector produciendo cerca de 1.5% del PIB. Estos precios se mantendrían fijos hasta Febrero de 1988.
- Política monetaria estricta. Se restringieron créditos y se impusieron limitaciones a los préstamos bancarios.
- Se tomaron medidas de liberalización comercial. Se disminuyeron las tarifas al 20% y casi todos los permisos de exportación se eliminaron.
- Hubo una depreciación del tipo de cambio controlado de cerca del 22%, manteniéndose estable hasta febrero de 1988.
- Aumento de salarios de un 38% acumulativo a enero de 1988, manteniéndose así hasta el siguiente mes.

Las medidas tomadas tenían como meta lograr una reducción de la inflación, después de un corto período de ajustes inflacionarios. Se alcanzaría la reducción de la inflación a través de un fuerte incremento en el superávit primario, contracción crediticia y estabilización del tipo de cambio.

La instrumentación del programa incorporó como principal componente heterodoxo, el acuerdo entre los distintos sectores de la economía. El PSE se firma con las cúpulas de los sectores público, empresarial y laboral para concertar conjuntamente el comportamiento inflacionario proyectado para marzo, basados en la canasta básica.

Al inicio, la tasa de inflación de diciembre de 1987 fué del 14.8% y en enero de 1988 del 15.5% (mayor de la esperada). Sin embargo, se presentó una tendencia inflacionaria a la baja y en febrero la inflación registrada fué de 8.3%. Con base en la información de que la inflación se reducía, a finales de este último mes se pacta un congelamiento de precios y del tipo de cambio para Marzo, y un aumento de salarios del 3%.

Los indicadores de marzo de 1988 del funcionamiento del Pacto mostraron un pequeño aumento de la tasa de crecimiento del PIB (4%), una disminución en las tasas de interés bancarias, se mantuvo estable el tipo de cambio, se estimó una inflación del 3%, mismo porcentaje de incremento salarial. Pero en la primera quincena de marzo la inflación registró un 2.9%, señal de que las metas eran agresivas. Se optó entonces, por corregir el comportamiento de los agentes, y se hicieron ratificaciones más frecuentes (la de abril-mayo, junio-agosto, septiembre-diciembre).

A pesar de que la inflación de marzo resultó de 5.1%, cayendo a un 0.6% en septiembre, tasa que no se había registrado desde junio de 1976, permitió una mayor confianza de los agentes, siendo posible que se verificara una reducción del componente inercial de la inflación. Es decir, dentro del marco de las negociaciones los

salarios mínimos, los precios de los bienes y servicios públicos, los precios controlados privados y el tipo de cambio se mantienen inalterados a lo largo del año.

El costo de la estabilidad lograda a lo largo de 1988 mostró algunos dilemas: Por un lado, los salarios siguieron creciendo menos que el índice de precios. Por el otro, la moderación de las utilidades mercantiles se compensaron mediante la reducción de las reservas y de las ganancias de la bolsa. Además, persistió el estancamiento, sin grandes variaciones en la inversión y el empleo. También, se limita el margen de maniobra de las finanzas públicas y nacionales.

Por el mes de julio de 1988, las elecciones presidenciales causaron incertidumbre política, acerca de la continuidad del plan gubernamental de austeridad fiscal. Porque hubo una disminución en la tasa inflacionaria y la política fiscal no sufrió cambios, el programa tuvo continuidad hasta finales del año de 1988.

La administración entrante del Lic. Salinas de Gortari establece la segunda fase del programa de estabilización, PECE en diciembre de 1988. El nuevo pacto se negocia con los distintos sectores con las mismas líneas del programa anterior. Se hacen ajustes moderados a los precios públicos utilizados como insumos en el proceso de producción, y la tasa de cambio comienza su deslizamiento diario de un peso, esto es, una tasa acumulada anual del 16%. Se aumentan los salarios un 8%, indicando una moderación continua de las demandas salariales. Se plantea, en este momento, la necesidad de una renegociación de la deuda.

El PSE, aunque con la prioridad de consolidar el territorio ganado a la inflación, buscó establecer la infraestructura para el crecimiento después de siete años de estancamiento y fuerte deterioro de los ingresos. Con el PECE se articularon medidas de política económica prioritarias para como la reducción gradual del déficit público, del endeudamiento interno y de las tasas de interés y se moderaron los incrementos de precios de garantía y se siguió una estrategia de estabilidad cambiaria. Se utilizó un régimen recessionista de control de costos y de contracción de la demanda agregada. Y además, se introducen mecanismos de desinflación inercial y se fomentó la apertura comercial.

En adición, se hizo depender gran parte de su estrategia de la negociación de la deuda externa. Para alcanzar tales acuerdos con los acreedores, se hace un tratado con el Fondo Monetario Internacional (FMI) en abril de 1989. Este acuerdo aceptó la política presupuestal mexicana, reconoció la necesidad de una reducción del monto de la deuda y se hizo imperativo el objetivo del crecimiento. Después del acuerdo, se establecieron relaciones con el Club de París y el Banco Mundial. Posteriormente, como resultado de negociaciones, se estableció un acuerdo con el Comité Consultor de Bancos (Banks Advisory Committee) en Julio 23. Como

conclusión de dicho acuerdo, se reestructura la deuda del sector público de 53 miles de millones de dólares en tres opciones:

- Un intercambio de deuda por bonos redimibles en 30 años, con descuento de un 35% del principal a una tasa Libor más 0.81% de sobretasa;
- Un intercambio de deuda por bonos redimibles a 30 años a una tasa fija del 6.25%, por debajo de la del mercado, sin descuento sobre el principal; ó,
- Otorgar nuevos préstamos por un monto del 25% de los créditos de mediano y largo plazo, distribuidos a lo largo de 4 años, con la tasa Libor + 0.81% de sobretasa. El principal se pagará en un máximo de 15 años con 7 de gracia.

De las negociaciones, el resultado básico es la transferencia de recursos que se reduce a 2.4% del PIB en promedio hasta 1992.

Del PECE se derivan algunos hechos importantes: Se reduce la tasa de inflación anual de 51.7% en 1988 a 19.7% en 1989; se estima un crecimiento del producto en casi un 3% contra una meta del 1.5%; y aumentan las importaciones y el déficit corriente en más de la meta, principalmente a consecuencia de la liberalización comercial, estancamiento agrícola y un incremento de la demanda agregada.

Son importantes algunos cambios, como el de la estructura arancelaria, la desregulación productiva y de servicios, el examen del sistema de abasto de básicos, la revisión de la apertura comercial indiscriminada, la negociación libre de los salarios contractuales. Estas estrategias ponen de relieve que el programa ya no sólo es de abatir la inflación, sino que se constituye en un programa más integral de política económica.

Su flexibilidad cualitativa radica en la política gubernamental con una mayor orientación hacia objetivos de índole social. Como prueba se extienden los subsidios de la leche y de la tortilla. Además, éste es el caso de los acuerdos que rigen los períodos de enero-julio de 1989 y agosto de 1989 a marzo de 1990. Los planes del PECE descansan básicamente en la recuperación del consumo y la inversión del sector privado, de las exportaciones y de nuevos flujos crediticios, así como la reducción de pago de intereses. El abatimiento de la tasa inflacionaria continúa fomentándose en lo que respecta a la limpieza de las finanzas públicas y la estabilidad del tipo de cambio.

El elemento esencial es la concertación, que ha disminuído el ritmo de crecimiento de la inflación, pero no se establecen mecanismos adecuados para la solución de el crecimiento, la distribución del ingreso y el financiamiento del gasto gubernamental. De la solución de estos problemas depende que se logren los propósitos de creación de empleos, mayor oferta de productos comerciales y de consumo interno y, la atención a

sectores populares. De otro modo, cualquier objetivo de equilibrio de la balanza de pagos o de saneamiento presupuestal causarían una mayor desigualdad del ingreso.

El día 11 de noviembre de 1990 se acuerda una nueva fase del PECE, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 1991. Es el acuerdo de mayor duración desde que se implementa el programa de estabilización, lo que señala una mayor certidumbre y confianza sobre la economía.

Las medidas a aplicarse tienen un efecto directo en las finanzas públicas: Se especifica un aumento del gasto corriente del gobierno; disminuyen los intereses pagados al exterior por la reducción en el deslizamiento cambiario; disminuyen los intereses pagados por la deuda interna a causa de menores tasas nominales; y, se incrementan los ingresos de las paraestatales por ajustes a tarifas. Aunque a corto plazo se incentiva la inflación, se considera la posibilidad de corregirla modificando los precios relativos.

### **II.3 Elementos de Análisis de la Teoría del Control**

La identificación de las metas y políticas económicas que se utilizan en el PSE y en el PECE es fundamental en el análisis. Es imprescindible definir las variables de estado y las variables de control para poder señalar las trayectorias deseadas. Las metas y estrategias se identifican principalmente con los Criterios Generales de Política Económica para cada uno de los años.

Además, es importante señalar que existen indicadores a seguirse precisados por los hacedores de políticas económicas. Estos indicadores reflejan los objetivos de las políticas y los medios utilizados para alcanzarlos. Por el hecho que en cada etapa de los pactos, se hace una revisión de dichos indicadores, se comparan las metas con las observaciones, y de esta forma, se toman decisiones para proseguir.

Como método de investigación de las variables de estado y de control, en primer lugar, se desglosa para cada año, las metas y los montos efectivos para cada período. A continuación se describe la situación de 1987, las metas planteadas, y el comportamiento efectivo de la economía:

## EVOLUCION ECONOMICA DURANTE EL PSE

	1987	Metas 1988	Efectivo 1988
Variación de:			
Inflación	159.2	70.0	51.0
Tipo de Cambio Real	-0.2		-24.8
CCP Promedio	94.6		63.7
Variación anual real:			
PIB	1.4	2.0	0.4
Consumo Público	-1.0		0.9
Consumo Privado	-1.4		0.8
Inversión Pública	-5.9		0.8
Inversión Privada	2.1		1.2
Importaciones	3.5		34.5
Exportaciones	12.2		3.6
Porcentaje del PIB:			
Déficit Financiero	15.8		10.8
Déficit Operacional	-1.4		2.8
Superávit Primario	4.7	8.3	7.4
Intereses Totales	19.5		15.7
Ingresos Presupuestales	28.4		27.5
Ingresos Petroleros	11.7		9.8
Ingresos No-Petroleros	16.7		17.7
Gasto Prog. Devengado	19.4	20.5	17.5
Gasto Corriente	12.4		11.5
Gasto en Inversión	4.2		3.5
Millones de dólares:			
Cuenta Corriente	3881.2		-3158.1
Importaciones de Merc.	12222.9		18579.8
Exportaciones No-Pet.	12026.4		13858.7
Endeudamiento Púb. Ext.	3067.7		-691.3

Fuente: SPP, Sistema de Cuentas Nacionales. Banco de México, Indicadores Económicos. Varios ejemplares.

Para alcanzar las metas el programa planteó estrategias que se instrumentaron durante los seis acuerdos del Pacto de Solidaridad Económica, período que abarcó entre diciembre de 1987 y octubre de 1988.

El Pacto de 1987, con duración hasta febrero de 1988, estableció como políticas:

- Liberación de precios privados.
- Liberación de utilidades de las empresas.
- Aumento de 38% a los salarios mínimos, con ajuste de los salarios contractuales a tal valor.
- Valor real constante de los precios de garantía.
- Tipo de cambio estable.
- Disminución de aranceles del máximo de 45% a un 20%, y desaparece el de 5%.
- Apertura comercial.
- Aumento de las tasas de interés.
- En el gasto público se suprimen algunos subsidios, se define un gasto austero e incremento del ahorro de las paraestatales y entidades federativas.
- Se ajustan los precios y tarifas del sector público en diciembre, para permanecer luego constantes.
- Se hacen modificaciones a la administración tributaria. Para la deflación concertada en marzo de 1988 se proponen algunas estrategias para la fase de "desinflación concertada".
- Compromiso empresarial de moderación de crecimiento de precios y del monto de las utilidades.
- Ajuste de salarios mínimos a la nueva canasta básica y los salarios contractuales se ajustan al mínimo.
- Mantener los precios de garantía al nivel real de 1987, ajustando a través de costos.
- Ajuste del tipo de cambio a la inflación, competencia y balanza de pagos.
- Continuación de la apertura comercial.
- Disminución de las tasas de interés, para ajustarse a la inflación.
- Continuidad de la política de gasto público, de ingresos y de la política monetaria.

El programa económico para 1990 estipula también metas, de tal forma que se formulan estrategias para alcanzarlas:

- Congelamiento de precios de los bienes y servicios del sector privado.
- Aumento de los salarios mínimos en un 3%.
- Ajuste de los salarios contractuales al mínimo.
- Mantener el tipo de cambio fijo.
- Disminución de las tasas de interés.
- Mantener constantes los precios y tarifas del sector público.

Los acuerdos para el período de abril y mayo toman las siguientes medidas de control:

- Mantener constantes los precios y salarios.
- Seguir con el mismo nivel de los precios de garantía, sólo que otorgar créditos más baratos.
- Continuar con la fijación del tipo de cambio de los precios de bienes y servicios del gobierno.

El acuerdo de Julio y Agosto mantuvo las políticas del acuerdo previo. La regulación de la economía mantuvo postuló el sostenimiento de los precios del sector público y privado, y de los salarios mínimos.

A continuación, y para el ciclo que comprendió los meses de septiembre y octubre de 1988, se promueve el mantener sin variaciones el tipo de cambio y no modificar los precios del sector público. Por el lado de los ingresos de la federación, se disminuye a un 0% el IVA de alimentos y medicamentos (antes 6%), se desgrava un 30% del ISR a los ingresos hasta cuatro veces el salario mínimo.

El programa económico de 1989 hace una definición de los mecanismos que se instrumentarían para alcanzar metas de estabilidad y crecimiento. Entre las metas fijadas se encuentran:



## PROGRAMA ECONOMICO DE 1989

	Metas 1989	Efectivo 1989
Variación de:		
Inflación (Dic. a Dic.)	18.0	19.7
Tasa de crecimiento:		
PIB	1.5	2.9
Consumo público	0.5	-0.6
Consumo privado	1.2	6.0
Inversión pública	-5.2	-3.6
Inversión privada	7.2	9.5
Exportaciones	7.9	10.7
Importaciones	11.2	23.9
Porcentaje del PIB:		
Déficit financiero	6.4	5.9
Déficit Operacional	1.6	1.6
Superávit primario	6.7	8.3
Intereses totales	11.4	13.7
Ingresos Presupuestales	25.6	28.9
Gasto Programable	16.8	15.5

Fuente: Carrasco, R. y F. Hdz., De Recuentos e Interpretaciones: El Informe del Banco de México.

Crecimiento de M4	45.3	61.0
Préstamos del sector externo (miles de millones de dólares)	17.2	-0.7
Acumulación de Reservas Int. (miles de millones de dólares)	2.7	-4.6
Crédito de bancos comerciales al sector privado	10.1	35.7

Fuente: Dirección General de Planeación Hacendaria, SHCP.

Para lograr las metas establecidas para el ejercicio de 1989 se firman dos acuerdos que están basados en acciones sobre las finanzas públicas, precios y tarifas públicos, aranceles, precios privados, salarios mínimos, salarios contractuales, desregulación, productividad en el campo, precios de garantía y de insumos del campo, abasto de básicos, importaciones y ecología. Las metas de la tabla anterior reflejan la continuidad de las políticas de crecimiento del producto y sostenimiento de la estabilidad de precios.

En la estrategia acordada entre enero y julio de 1989 se establecen las medidas que a continuación se enlistan:

- Balance presupuestal.
- Mantener precios y tarifas públicas constantes para el consumidor; y para las industrias ajustar rezagos y eliminar algunos subsidios.
- El tipo de cambio con un deslizamiento de 1 peso diario.
- Aumento de un 8% de los salarios mínimos.
- "Posibilidad" de revisiones contractuales, dentro del marco de la legalidad.
- Eliminación de medidas de regulación que generen costos elevados y que obstaculicen a la iniciativa privada. Para tal efectos se plantea la posibilidad de extender la privatización de industrias paraestatales.
- Se hace el planteamiento de proporcionar estímulos regionales a productores para comercialización ejidal.
- Se promueve una revisión de los precios de garantía y se congelan los precios de fertilizantes.
- Mantener constantes los precios del diesel y de la energía eléctrica.

En el plan de agosto-marzo, se da continuidad a las políticas anteriores solo que:

- Aumentan los salarios en un 6%.
- Se profundiza la desregulación, principalmente en transportes y en el sector financiero.
- Se plantea un impulso a la productividad del campo para elevar ingresos y nivel de vida. Se centra esta decisión en los productores de menores ingresos, barbecho e infraestructura.

Se decide además revisar la regulación de las importaciones y se toman medidas para respetar el medio ambiente.

Al final del ejercicio de 1990, se estima que la inflación alcanzó entre un 29% y un 30%, de acuerdo a fuentes oficiales. Sin embargo, los logros obtenidos en las finanzas públicas, reflejados en las tasas de interés, el saldo de las reservas internacionales y el dinamismo alcanzado por el ahorro y el crédito, permiten pronosticar la factibilidad de mantener los precios estables.

Por el momento, se pueden identificar los criterios que se siguieron en el año de 1990 y que procederían a instrumentarse a partir de 1991. Los criterios son los siguientes:

CRITERIOS DE POLITICA PARA 1990 Y 1991

	Metas 1990	Metas 1991
PIB(crecimiento)	2.5-3.0	2.5-3.0
Inflación	29.5	14.0
Tipo de cambio	2805.5	3007.5
Crecimiento real de M4	10.2	8.2
Déficit financiero		
Billones	28.1	15.0
% del PIB	4.3	1.9
Superávit primario	7.5	6.9
Crecimiento real del financiamiento privado	20.4	14.0

Fuente: Exámen de la Situación Económica de México, 66(780).

Es importante mencionar, que hasta el momento en el análisis no se ha profundizado en el estudio de un aspecto fundamental: En el ámbito internacional se plantea la formación de bloques. Muy próximo se encuentra el tratado de libre comercio tripartita: México-Estados Unidos-Canadá, fenómeno que define distintos desenvolvimientos de la economía nacional.

Sin embargo, se desprenden de estas largas listas, la viabilidad de hacer una analogía entre los recursos que ofrece la teoría del control y los programas de estabilización y crecimiento emprendidos por el Gobierno. Es decir, se han manifestado como elementos de decisión algunos indicadores que permiten identificar las variables económicas que integran la toma de desiciones del gobierno.

Entre estas variables se encuentran algunas imposibles de afectar directamente, y son variables de estado. Es decir, algunos agregados responden a políticas económicas y otros no. Por otra parte, las variables de control (dentro de la teoría del control) son los instrumentos que el gobierno utiliza para alcanzar las

metas referentes a las variables de estado.

Para ejemplificar, se clasifican como variables de estado las siguientes: el consumo, la inversión, las importaciones, el tipo de cambio, las tasas de interés real, etc. Entre las variables de control tenemos el gasto del gobierno, la tasa de interés nominal, el crecimiento de la masa monetaria, etc. Aunque una de las opciones del gobierno, que no refleja datos cuantitativos, es la alternativa de concertación, y otra, la intervención.

Finalmente, la teoría del control para interpretar la realidad, se auxilia ampliamente del bagaje de los modelos de la teoría económica. En el estudio de los problemas de estabilización del país se pueden encontrar formulaciones tanto de tipo estructuralista, como monetarista. También se han hecho simulaciones que corresponden a modelos econométricos de comportamiento tanto de una sola variable, como de sistemas de alta complejidad. Del mismo modo, los modelos de expectativas racionales son útiles para simular la respuesta de los agentes a políticas anunciadas y no anunciadas.

## CAPITULO III

## ESTIMACION DEL MODELO MACROECONOMICO

El propósito del presente capítulo es la estimación de un modelo macroeconómico basado en series de tiempo trimestrales. Se se encuentra dividido en tres secciones: En la primera se definen las ecuaciones de comportamiento de la economía agregada. En una segunda sección se proporcionan los parámetros correspondientes a la estimación del modelo econométrico. Y por último, se expone un breve análisis del comportamiento predictivo del modelo.

## III.1 Especificación del modelo econométrico

El modelo econométrico en el que se basa el trabajo, es un modelo en diferencias. Es decir, es un modelo cuyo propósito fundamental es la estimación por medio de rezagos hasta de un periodo.

Las ecuaciones de comportamiento del modelo, describen de forma global el comportamiento de la economía. Cabe mencionar que el modelo macroeconómico que se propone es un modelo simplificador de la realidad económica. Con respecto a las ecuaciones, éstas describen únicamente el comportamiento de la demanda de bienes y servicios, y el mercado financiero. La oferta puede ser analizada con una curva de Phillips o por medio de una ecuación de expectativas de inflación.

El consumo agregado del sector privado es una función directa del nivel del ingreso y consumo rezagado en un periodo. El comportamiento de los consumidores es tratar de mantener estable el nivel de su consumo en bienes y servicios, donde el consumo es una parte de su ingreso disponible.

$$C = f_1 ( C_{-1}, Y, Y_{-1} ) \dots \dots (3.1)$$

donde C es el consumo privado; Y, el ingreso nacional bruto o producto interno bruto; y el subíndice representa el número de rezagos.

La función más factible para la inversión privada es responder positivamente a sus propios rezagos y de igual manera a las importaciones, debido a que estas últimas representan una incorporación de bienes de capital del exterior en la economía. Por otra parte, la inversión privada depende negativamente de la inversión pública, por el efecto de substitución ("Crowding-out"); y de la tasa de interés.

$$I = f_2 ( IG, iC_{-1}, I_{-1}, Z_{-1} ) \dots \dots (3.2)$$

Donde,  $I$  representa la inversión;  $IG$ , la inversión pública exógena;  $iC$ , la tasa de interés de corto plazo; y  $Z$ , las importaciones.

El valor agregado de las exportaciones se considera como un instrumento de política importante, principalmente a raíz de la liberalización comercial. La interpretación de este caso está relacionada con la posibilidad de implementar programas de promoción de las exportaciones y también manejar en cierta medida el impulso de las exportaciones petroleras.

Para calcular las importaciones se toma en cuenta un rezago de las mismas, el producto interno bruto y el tipo de cambio real. La siguiente función representa el comportamiento de las importaciones:

$$Z = f_3 ( Z_{-1}, Y_{-1}, e ) \dots (3.3)$$

$e$  - tipo de cambio real.

En el mercado de dinero, su oferta nominal se determina de acuerdo a un rezago propio de un período, la tasa de interés del corto plazo, el nivel del PIB y la evolución de los precios. Siendo el índice de precios el índice nacional de precios al consumidor.

$$M1 = f_4 ( M1_{-1}, iC, Y, P ) \dots (3.4)$$

$iC$  es la tasa de interés del corto plazo,  $P$ , el Índice nacional de precios al consumidor, o bien, "el nivel de precios".

En adición se incluye una descripción de la manera como evolucionan los precios. Se considera que los precios siguen una tendencia que refleja el comportamiento del período anterior aunada al crecimiento del producto. Su estimación se deriva de la siguiente manera:

$$P = f_5 ( P_{-1}, Y, Y_{-1} ) \dots (3.5)$$

Una identidad es utilizada para establecer el equilibrio por el lado de la demanda. Es la identidad comúnmente conocida en la literatura de las cuentas nacionales. Es decir, se obtiene el valor del producto por medio de la suma de los gastos en la economía.

$$Y = C + I + (G + Ip) + X - Z \dots (3.6)$$

### III.2 Estimación del Modelo Econométrico

La estimación del modelo econométrico se basa en series de tiempo obtenidas de varias fuentes estadísticas. Las principales fuentes las representan el Sistema de Cuentas Nacionales del INEGI

y los Indicadores Económicos del Banco de México. Dichas series de tiempo comprenden un período que parte en el primer trimestre de 1979 y finaliza con los datos correspondientes al segundo período de 1990.

Así mismo, para la estimación del modelo econométrico indicado en la sección anterior se utilizará el método de Mínimos Cuadrados de tres etapas (Zellner, 1962), siendo éste una opción del paquete de estadística TSP versión 6.0. Los estimadores obtenidos en el proceso son burdos, sin embargo, se deberá consentir en que los datos son trimestrales, y por lo tanto, presentan estacionalidad. Al ser alrededor de cuarenta los datos para cada serie de tiempo, no se desestacionaliza, ni se estacionariza la media y varianza.

Una de las causas que conduce a la utilización de funciones de comportamiento lineal es la posibilidad de explicar el desempeño económico por medio de ecuaciones en diferencias. Mediante este planteamiento se mantiene el conocimiento de la interrelación entre variables, al mismo tiempo que se mantiene un grado de complejidad menor al que se mantendría con ecuaciones del tipo no lineal o continuo.

La estimación de Mínimos Cuadrados de tres etapas requiere de la especificación de las variables que se contemplan como instrumentos. Se seleccionaron como variables instrumentales las siguientes: La inversión y consumo del gobierno, el tipo de cambio real, las exportaciones, la oferta de dinero, el producto nacional bruto, la tasa de interés de corto plazo y un rezago en las variables endógenas.

En primer lugar el comportamiento del consumo se puede expresar de la siguiente forma:

$$C = c_1 + c_2C_{-1} + c_3Y + c_4Y_{-1} \dots (3.1')$$

	Coefficiente.	Desv. Est.	Est. t	% Sig.
$c_1$	11700.955	32658.009	0.3582875	0.722
$c_2$	0.8699816	0.0684029	12.718493	0.0000
$c_3$	0.6874158	0.0574696	11.961379	0.0000
$c_4$	-0.6099942	0.0654083	-9.3259416	0.000
$R^2$	0.937447	Media var. dep.	755342.6	
$R^2$	0.932870	Desv. Est. var. dep.	43327.42	
Error Est. Reg.	11225.91	Suma Cuad. Resid.	5.17E+09	
D.W.	1.650999	F	204.8145	

Los resultados de la estimación de la función de demanda de inversión son:

$$I = c_5 + c_6 I_{-1} + c_7 iC + c_8 IG + c_9 Z_{-1} \dots (3.2')$$

	Coefficiente.	Desv. Est.	Est. t	% Sig.
$c_5$	106710.81	13519.420	7.8931503	0.000
$c_6$	0.2317428	0.0944001	2.4548988	0.019
$c_7$	-162.51730	69.945061	-2.3234994	0.025
$c_8$	-0.4008828	0.0578849	-6.9255178	0.000
$c_9$	0.6990724	0.1056738	6.6153805	0.000
$R^2$	0.784149	Media var. dep.		153805.8
$R^2$	0.762564	Desv. Est. var. dep.		21969.82
Error Est. Reg.	10705.33	Suma Cuad. Resid.		4.58E+09
D.W.	1.848822	F		36.32820

El comportamiento de las importaciones estuvo correlacionado con el PIB, el tipo de cambio real y un rezago.

$$Z = c_{10} + c_{11} Z_{-1} + c_{12} e + c_{13} Y_{-1} + c_{14} \text{Pacto} \dots (3.3')$$

donde Pacto es una variable dicotómica que toma el valor de uno a partir del primer trimestre de 1988.

	Coefficiente.	Desv. Est.	Est. t	% Sig.
$c_{10}$	110614.46	17311.042	6.3898213	0.000
$c_{11}$	0.8277507	0.0543773	15.222365	0.000
$c_{12}$	-848.55217	219.25077	-3.8702358	0.000
$c_{13}$	-0.0644459	0.0167331	-3.8514008	0.000
$c_{14}$	9301.0197	2231.5101	4.1680383	0.000
$R^2$	0.944610	Media var. dep.		73364.12
$R^2$	0.939071	Desv. Est. var. dep.		27341.23
Error Est. Reg.	6748.849	Suma Cuad. Resid.		1.82E+09
D.W.	1.467352	F		170.5383

La oferta nominal de dinero deriva su comportamiento de la situación correspondiente a un periodo anterior, la tasa de interés del corto plazo, el nivel del producto interno bruto y de los precios.



$$M1 = c_{15} + c_{16}M1_{-1} + c_{17}iC + c_{18}Y + c_{19}P \dots (3.4')$$

	Coefficiente.	Desv. Est.	Est. t	% Sig.
$c_{15}$	-18040.371	102504.39	-0.1759961	0.861
$c_{16}$	0.6627446	0.0889344	7.4520633	0.000
$c_{17}$	-1071.4912	241.66328	-4.4338188	0.000
$c_{18}$	0.1565397	0.0910523	1.7192283	0.093
$c_{19}$	-3.7790976	1.4061346	-2.6875789	0.010
$R^2$	0.878068	Media var. dep.		275089.8
$R^2$	0.865875	Desv. Est. var. dep.		91052.36
Error Est. Reg.	33346.23	Suma Cuad. Resid.		4.45E+10
D.W.	2.194826	F		72.01282

El desenvolvimiento de los precios mantuvo una tendencia creciente, que tiende a disminuir su tasa de crecimiento a partir de los Pactos de Solidaridad y Crecimiento Económico.

La función de comportamiento que se estimó fue la siguiente:

$$P = c_{20} + c_{21}P_{-1} + c_{22}Y + c_{23}Y_{-1} \dots (3.5')$$

	Coefficiente.	Desv. Est.	Est. t	% Sig.
$c_{20}$	1047.6047	1224.5190	0.8555235	0.397
$c_{21}$	1.0692151	0.0127707	83.724078	0.000
$c_{22}$	-0.0061159	0.0020653	-2.9612244	0.005
$c_{23}$	0.0053075	0.0017734	2.9928864	0.005
$R^2$	0.993160	Media var. dep.		3501.582
$R^2$	0.992660	Desv. Est. var. dep.		4776.102
Error Est. Reg.	409.1899	Suma Cuad. Resid.		6864890
D.W.	0.887486	F		1984.487

Finalmente, en el modelo de ecuaciones simultáneas se incorpora la identidad (3.6).

Como se podrá observar, el estadístico  $R^2$  no es alto para la estimación de la inversión privada, ni para la oferta de dinero. El estadístico t tampoco permite aceptar la hipótesis de una constante distinta de cero en las ecuaciones del consumo e inversión privada, aunque por la técnica de control óptimo es conveniente saber su influencia en el modelo. Algo parecido sucede con el coeficiente del PIB en la función de la oferta de dinero, pero es importante conocer su correlación.

Un hecho relevante es que el modelo se mantiene simple y se utilizan los instrumentos más generales de la teoría económica. Además, todas las ecuaciones pasan la prueba F. Por su parte, el estadístico Durbin Watson permite pensar en autocorrelación, pero al ser el modelo determinado por ecuaciones simultáneas, este no es un problema muy significativo.

### III.3 Análisis del comportamiento predictivo del modelo

Los resultados de la estimación del modelo de ecuaciones simultáneas permitieron la obtención de una relación entre variables, que describe adecuadamente el consumo y las importaciones. Aunque las ecuaciones correspondientes a la inversión y la tasa de interés no alcanzaron un alto valor en su coeficiente de  $R^2$ , si se puede conocer muy acertadamente la tendencia que siguen y su relación con el crecimiento del PIB.

Los datos reales muestran que el comportamiento del producto interno bruto fue muy variable para el período. Esto es, su patrón de comportamiento de ninguna forma fue estable. Sobre todo si se considera que en el período de la crisis alcanzó tasas de crecimiento real negativo. Ver la figura 3.1.

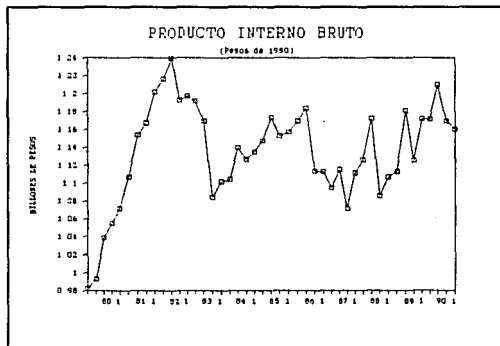


Figura 3.1

Aunque el comportamiento de la función de consumo se mantuvo muy variable, la estimación del modelo describe muy acertadamente su comportamiento. De la misma forma que el producto, la etapa de la crisis de los años próximos a 1982 reflejan un deterioro, aunque en menor medida que en el caso del producto interno bruto. Además la caída de los precios del petróleo en 1986, afectó también el nivel del consumo. Ver figura 3.2.

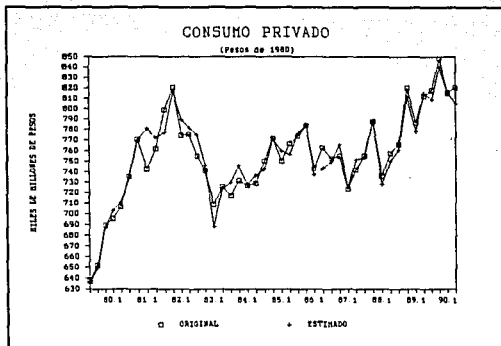


Figura 3.2

Por su parte la inversión no mantuvo un patrón sistemático, siendo ésta muy errática. La fuga de capitales se presenta en tres etapas importantes. En 1981, ante la caída de los precios del petróleo, se marca un primer indicio de una relación directa entre la disminución de la inversión y la de los precios del petróleo. La etapa correspondiente a la crisis de financiamiento internacional de 1982 también representa un período en el que la inversión disminuye. Una señal final es la etapa de 1986, cuando el precio internacional del petróleo cae de forma importante, ocasionando también que el país fuera poco atractivo a la inversión (Figura 3.3).

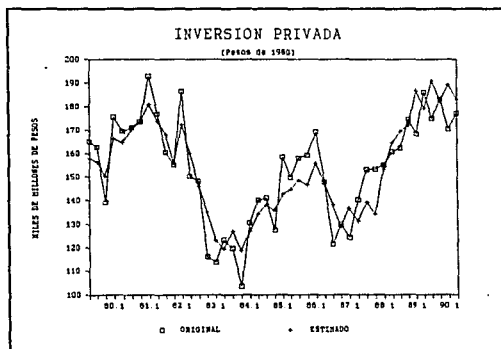


Figura 3.3

Las importaciones variaron de forma muy estable. En el período recesivo de la economía, desde 1982 a 1987, hay un decremento de las mismas, acompañado por los bajos niveles de crecimiento del producto, y por la política del tipo de cambio que elevaba los precios relativos de las importaciones, respecto a los bienes nacionales. Una interpretación de vital importancia es que los bajos niveles de productividad demandaron bajos niveles de importación de bienes de capital y de consumo intermedio, a causa de que un componente importante de la producción nacional proviene del extranjero. Se debe recordar también que el fin del período del Lic. López Portillo presentó una depreciación muy fuerte de la moneda, al igual que lo fue la reducción de los precios internacionales del petróleo (1986). Ver figura 3.4.

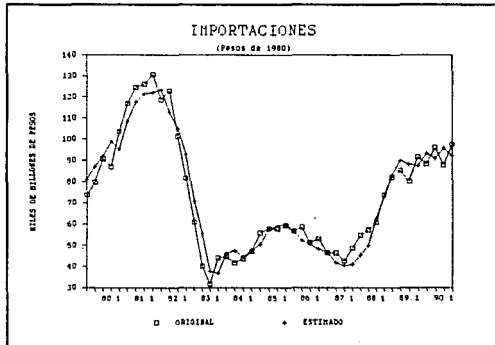


Figura 3.4

La oferta nominal de dinero en el período previo a 1982, mantenía un crecimiento constante. Después de la crisis la tasa de crecimiento se mantuvo a un nivel menor. En la figura 3.5 se aprecia el comportamiento de la oferta nominal de dinero.



Figura 3.5

Finalmente se estimó la evolución de los precios. En este caso se mantuvo un crecimiento ininterrumpido, aunque la tasa de inflación a raíz del Pacto de Solidaridad de 1987, crece a menores niveles que el registrado entre 1982 y 1987. (Ver figura 3.6).

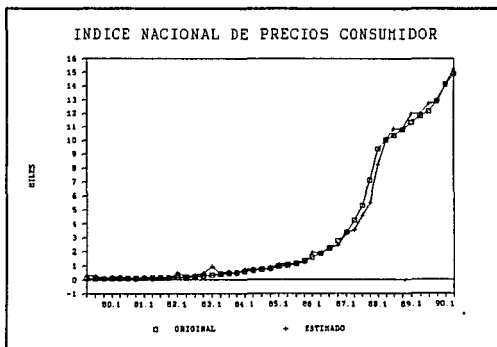


Figura 3.6

### III.4 Análisis de Resultados

El modelo tiene la capacidad de obtener estimadores que describen adecuadamente el desempeño de las distintas variables económicas consideradas. Para arribar a esta conclusión, se estimaron las series de tiempo en el período de estudio, partiendo del valor histórico de las variables instrumentales (exógenas) y utilizando el método numérico de Gauss-Siedel para ecuaciones simultáneas.

Los resultados se presentan en un conjunto de gráficas, principiando con la simulación del comportamiento del Producto Interno Bruto. Como se puede apreciar en la figura 3.7, esta simulación es muy cercana a la situación real. A grandes rasgos, se podría comprender que en la estimación un hecho importante es que el valor del PIB es muy parecido al estimado. Aún habiendo separaciones en la descripción de las series de la figura, el nivel que alcanza el PIB no es muy errático.

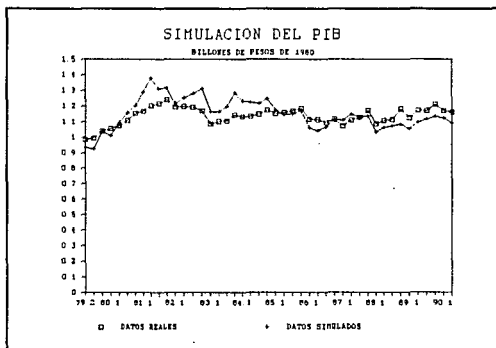


Figura 3.7

A continuación, el consumo privado estimado que se refleja en la figura 3.8 presenta una desviación en los "años de la crisis petrolera". Sin embargo, al igual que con el PIB, el nivel que alcanza la estimación permite mostrar que la simulación de la función de consumo no se aleja del patrón del consumo privado.

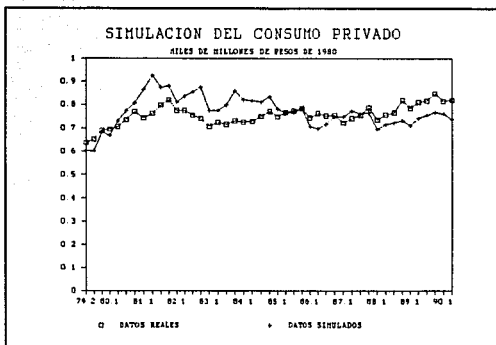


Figura 3.8

La estimación de la inversión es compleja. Se tienen que considerar las variaciones en los acervos de capital y en los inventarios de forma muy exacta. A pesar de eso, el comportamiento de la función de inversión que se presenta en la siguiente gráfica (figura 3.9) mantiene una relación teórica con la tasa de interés, reflejando el efecto de que a altas tasas de interés la inversión decrementa.

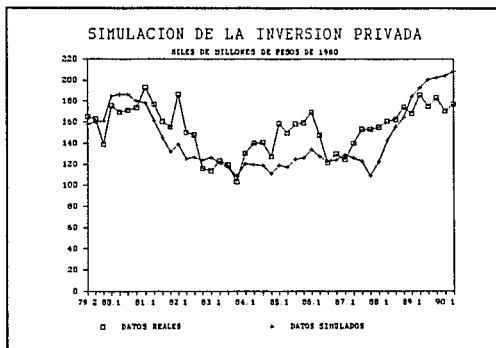


Figura 3.9

Al igual que la situación que se vivió en el sexenio del Lic. De la Madrid, el comportamiento simulado de la serie de tiempo de las importaciones refleja la crisis petrolera. En primer lugar, hay una disminución de las importaciones por la recesión que comienza en el año de 1982. A partir de ese año, y por el estancamiento económico el valor de las importaciones se mantiene bajo. Ya a partir de 1987, con la firma de los Pactos de Solidaridad y de Estabilidad Económica, el crecimiento del PIB propicia un aumento de las importaciones. Esta situación se puede reconocer en la figura 3.10.

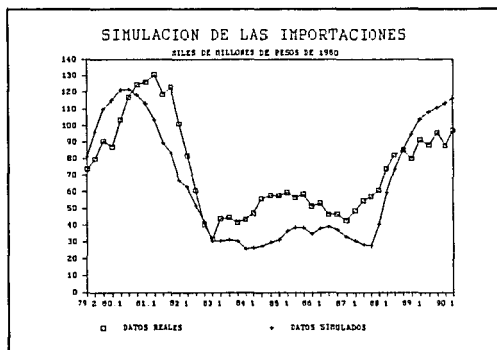


Figura 3.10

Finalmente, la oferta real de dinero se presenta en la figura 3.11. En ésta se puede identificar el desenvolvimiento creciente del fin de la década de los setentas e inicio de los ochentas. Sin embargo, a causa de las altas tasas de inflación inherentes al período de 1982 a 1987, la oferta real de dinero tiende a la baja. Un nivel bajo se alcanzó a finales de 1987 con crecimiento de la oferta nominal de dinero pero inflación elevada. Finalmente al final de período se identifica un nivel mínimo, que representa la nueva política de un crecimiento de la oferta nominal de dinero controlado y una baja tasa de inflación.



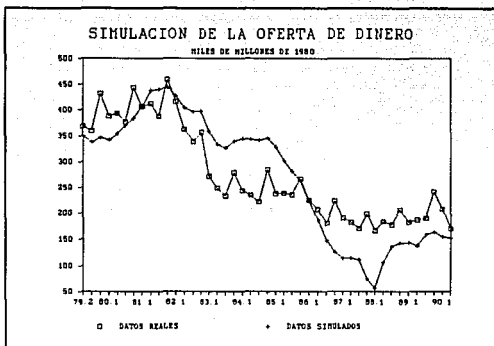


Figura 3.11

La evolución de los precios también fue considerada en el modelo, puesto que permite un mejor análisis del planteamiento de las políticas del Gobierno del Lic. Carlos Salinas de Gortari. El propósito es interrelacionar la evolución de los precios y el comportamiento del modelo. Mediante la solución del sistema de ecuaciones partiendo únicamente de los datos de 1979-I, la simulación de la última variable endógena se observa en la figura 3.12.

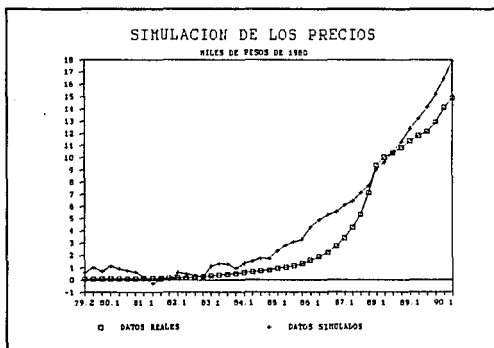


Figura 3.12

Del análisis de los resultados se desprenden algunos inconvenientes, como lo es el que algunas variables económicas

toman valores negativos, como por ejemplo en el caso de los precios. Sin embargo, este problema puede solucionarse por medio de las técnicas de la programación dinámica discreta, al integrarse restricciones de positividad.

La descripción de la evolución de la economía en este ambiente de ecuaciones en diferencias de un período es factible. Dentro del ámbito de las funciones de comportamiento estimadas, la simulación permite ratificar que el modelo planteado identifica la situación macroeconómica de forma cercana. Este hecho es claro, al presentarse los resultados de la solución de una serie de sistemas de ecuaciones simultáneas que tuvo un apego cercano a la situación real. Por otra parte, al considerarse la escala de las distintas variables económicas del modelo, se puede apreciar que la estimación permite formular intuiciones cercanas sobre el comportamiento macroeconómico. (Ver figura 3.13).

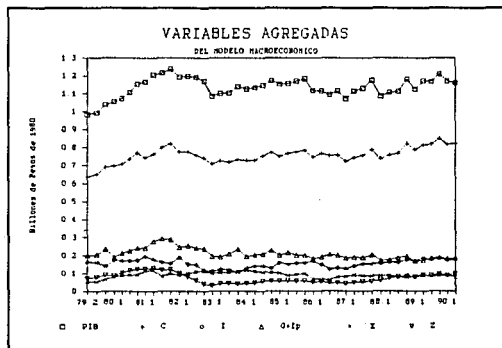


Figura 3.13

Resta aún formular una trayectoria dinámica óptima para el alcance de metas planteadas por el programa de Gobierno. Esta tarea se encuentra vinculada a la exposición de los capítulos previos, al conocimiento del desempeño de las variables macroeconómicas del modelo, a la utilización de este último para estudiar la factibilidad de las metas de acuerdo al curso de la economía y al planteamiento de alternativas a un nivel de agregación alto.

## CAPITULO IV

## APLICACION DE LA TEORIA DEL CONTROL

La comprensión de las leyes que determinan el desenvolvimiento económico exige conocer las interrelaciones de las variables que rigen el comportamiento del mercado. A nivel macroeconómico, es factible la incorporación de elementos de la teoría del análisis de decisiones para una evaluación más rigurosa de los pesos de las políticas sobre la evolución global del sistema.

A través de los modelos de control óptimo, es posible estudiar el costo social de algunos de los instrumentos del gobierno, como la inversión y el gasto público, el fomento a las exportaciones, el tipo de cambio y las tasas de interés. Además se presenta la inherente posibilidad de plantear alternativas, o bien, verificar la factibilidad de los planteamientos de los programas de gobierno.

## IV.1 Definición de la Función Cuadrática

La función cuadrática del modelo se define de acuerdo con las variables del modelo macroeconómico estimado en el capítulo anterior. En este modelo, el vector  $x$  contiene a las variables de estado y el vector  $u$  a las variables de control.

Las variables que no se pueden controlar directamente de acuerdo a la teoría económica, son variables a las que una autoridad central o gobierno, no pueden afectar directamente. En este trabajo son: el producto interno bruto, el consumo privado, la inversión privada, las importaciones, la oferta real de dinero y la tasa de inflación.

En cambio, las variables de control, que se pueden modificar más directamente, y que a lo largo del período histórico lo han sido son el gasto y la inversión pública, las exportaciones, la tasa de interés y el tipo de cambio.

El problema de programación no lineal en el que se basa el modelo de estudio de la macroeconomía mexicana es el siguiente:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{t \in T} \{ (x_t - \hat{x}_t)^T W (x_t - \hat{x}_t) + (u_t - \hat{u}_t)^T R (u_t - \hat{u}_t) \} \dots (4.1)$$

$$\text{sujeto a:} \\ x_{t+1} = A x_t + B u_{t+1} + c \dots (4.2)$$



$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

A

$$x_t = \begin{vmatrix} -1.75 & 2.78 & 0.74 & -0.41 & 0.00 & 0.00 \\ -1.81 & 2.78 & 0.51 & -0.28 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.23 & 0.70 & 0.00 & 0.00 \\ -0.06 & 0.00 & 0.00 & 0.83 & 0.00 & 0.00 \\ -0.18 & 0.50 & 0.13 & -0.07 & 0.66 & -4.04 \\ 0.02 & -0.02 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.07 \end{vmatrix} x_{t-1}$$

B

$$+ \begin{vmatrix} 3.20 & 1.92 & 3.20 & -519.92 & 2714.64 \\ 2.20 & 1.32 & 2.20 & -357.40 & 1866.08 \\ 0.00 & -0.40 & 0.00 & -162.52 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & -848.55 \\ 0.57 & 0.34 & 0.57 & -1164.89 & 487.69 \\ -0.02 & -0.01 & -0.02 & 3.18 & -16.60 \end{vmatrix} u_t$$

$$+ \begin{vmatrix} 24944.8 & 29755.2 \\ 28848.4 & 20454.2 \\ 106710.8 & + 9301.0 \\ 110614.4 & 0.0 \\ -17518.0 & 5345.6 \\ 895.0 & -182.0 \end{vmatrix}$$

donde este último vector representa la suma de dos vectores columna. La primera proviene de los estimadores de las constantes y la segunda del estimador de la variable dicotómica de indicación del período de ejercicio del "Pacto".

Para aclarar la procedencia de las anteriores matrices A, B y el vector columna de constantes, es necesario recurrir a las matrices de la estimación macroeconómica del capítulo anterior y resolver para las variables del período a considerar. Los coeficientes del sistema se puede derivar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 x_t &= A'x_t + B'x_{t-1} + C'u_t + c' \\
 (I - A')x_t &= B'x_{t-1} + C'u_t + c' \\
 x_t &= (I - A')^{-1} \cdot [B'x_{t-1} + C'u_t + c'] \\
 &\quad (4.3)
 \end{aligned}$$

Si se renombra el sistema anterior, se obtiene fácilmente el modelo representado en la ecuación 4.2.

$$x_t = A x_{t-1} + B u_{t+1} + c \dots \dots (4.4)$$

De la estimación econométrica del capítulo anterior, los resultados obtenidos son los siguientes:

$(I - A') =$

1.00	-1.00	-1.00	1.00	0.00	0.00
-0.69	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
-0.16	0.00	0.00	0.00	1.00	3.78
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

$B' =$

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.61	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.23	0.70	0.00	0.00
-0.06	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00
0.16	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07

$C' =$

1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-0.40	0.00	-162.52	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	-848.55
0.00	0.00	0.00	-1071.49	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

c' =

	0.0	0.00
	11701.0	0.00
	106710.8 +	9301.02
	110614.4	0.00
	-18040.4	0.00
	1047.6	0.00

(I - A')<sup>-1</sup> =

3.20	3.20	3.20	-3.20	0.00	0.00
2.20	3.20	2.20	-2.20	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
0.57	0.57	0.57	-0.57	1.00	-3.78
-0.02	-0.02	-0.02	0.02	0.00	1.00

En adición a la estructura anterior se puede realizar una modificación en el modelo de forma tal que ajuste aún más los datos históricos. Esto se hizo actualizando el valor de la constante o coeficientes de la estimación con base en el segundo trimestre de 1988.

#### IV.2 Análisis de Estabilidad

En primer lugar, si se resuelve el problema de optimización anterior, haciendo la matriz W nula y la matriz R identidad, se reproduce la simulación anterior. La razón es que las variables de control son las variables instrumentales. Para obtener la solución numérica, se utiliza un paquete de optimización no-lineal denominado GAMS Versión 2.04. (Ver apéndice).

Se realizó también un análisis de la estabilidad del modelo de acuerdo con la respuesta ante distintos escenarios de penalizaciones. Para las variables de control, la penalización se establece en el valor de uno. Sin embargo, en el caso de las variables de estado, a la única que se le asigna una penalización de uno es al PIB. Esto anterior se debe a que se busca medir el valor de la función objetivo al ajustarse exactamente tanto los niveles del PIB y variables de control a los datos históricos. Para mayor claridad se pueden observar los coeficientes de las matrices W y R de la sección precedente).

Para la selección de los niveles de penalización anteriores, se siguió una metodología sencilla. En primer lugar, en el capítulo anterior se insertaron los valores reales ó históricos de las variables de política (control) y del PIB en el modelo econométrico lineal, para obtener las proyecciones simuladas ex-post de las variables económicas en el período entero de planeación.

Como segundo paso, se modifica el modelo econométrico por medio de la incorporación de factores aditivos o multiplicativos de las variables simuladas en el capítulo anterior cuando variaban alrededor de los datos históricos. En este caso, para reproducir cercanamente los datos del primer trimestre de 1988, la función de evolución de precios se multiplicó por un factor de reducción de 1 por ciento; y se ajustaron las constantes de la función de inversión y de oferta de dinero.

A continuación se definieron las condiciones del caso base, de forma tal que su costo sirviera como referencia para comparar las variables del modelo contra los datos históricos. Por lo tanto, el ejercicio base consistió en alcanzar los niveles históricos del PIB dejando libres las demás variables del estado y tomando como base los valores reales de las variables de control. En este caso, el valor alcanzado por la función objetivo fue de  $J = 549.8464$ .

Los resultados gráficos son de gran importancia, porque a través de ellos se puede identificar el costo económico de forzar a que el modelo se ajuste plenamente a los valores reales. En la figura 4.1, se observa que el nivel del PIB, contra su simulación alcanza el comportamiento en términos relativos. En la figura 4.2, se aprecia que el consumo privado es muy parecido al su valor real.

Aunque existe diferencia entre el valor obtenido de la inversión privada y los datos de la realidad, el ajuste indica que a través de la inversión se puede aumentar el valor del producto (figura 4.3). A continuación en la figura 4.4, las importaciones históricas mantienen una menor velocidad de crecimiento que las obtenidas del proceso de optimización. La divergencia de estas variables de estado indica la necesidad de imponer penalizaciones a la inversión e importaciones, porque si se dejan libres pueden sobrestimar el comportamiento global del modelo. Una interpretación es que a mayores importaciones de bienes de capital, se crea la infraestructura para mayores niveles de inversión.

En el mercado financiero tanto la oferta real de dinero como la tasa de inflación, en las figuras 4.5 y 4.6 respectivamente, mantienen la misma trayectoria que los datos históricos a grandes rasgos, aunque se detecta que la oferta de dinero oscila bastante. En cambio para efectos de análisis del comportamiento del índice de precios, la tasa de inflación puede considerarse como un paralelo de la tasa histórica.



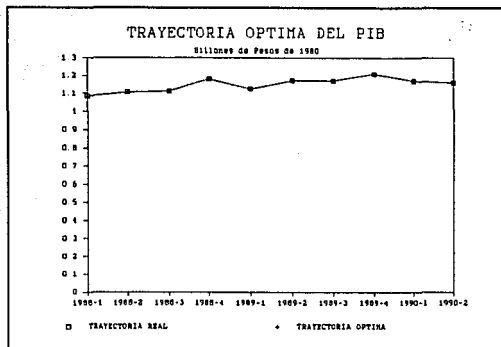


Figura 4.1

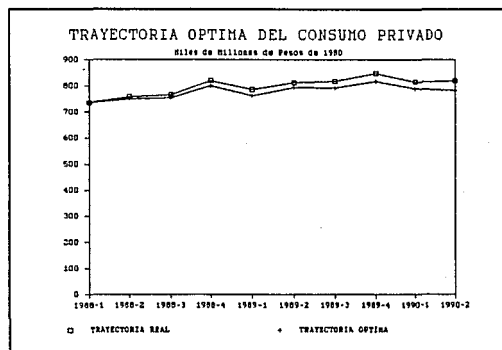


Figura 4.2

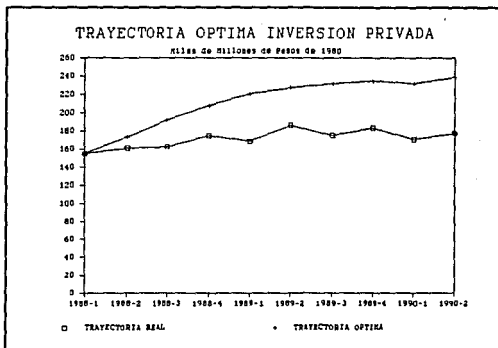


Figura 4.3

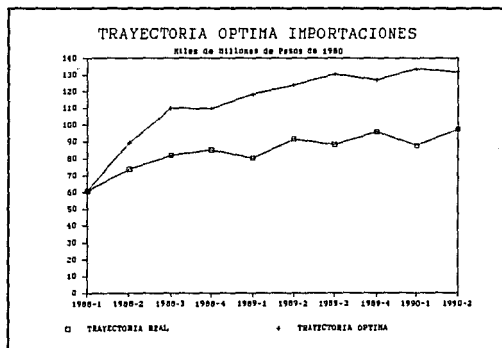


Figura 4.4

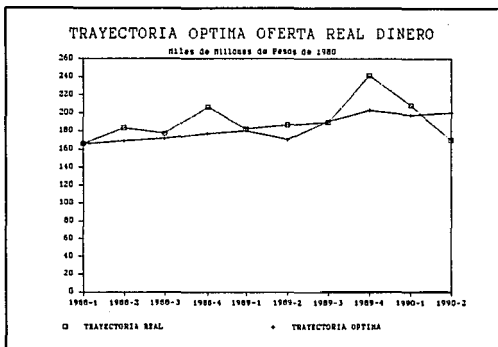


Figura 4.5

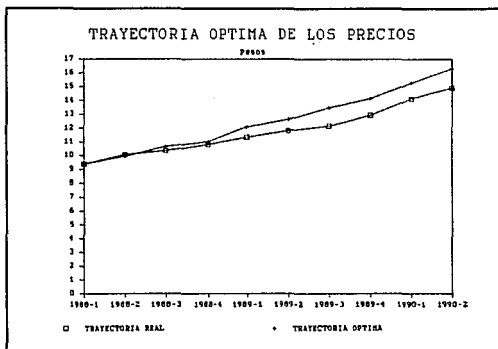


Figura 4.6

Una condición que no se puede pasar por alto es que si se mantiene una política restrictiva de oferta monetaria, la tasa de interés debe permanecer libre. Y en el caso de una política restrictiva de la tasa de interés conlleva a una liberalización de la oferta monetaria.

Se realizó un experimento adicional, en el que se asignaron coeficientes de uno a todos los elementos de la diagonal en las matrices  $W$  y  $R$ . El resultado fue muy cercano a los datos históricos o reales, sólo que en la tasa de interés y en el tipo de cambio, los datos se alejaron del comportamiento real. Ambas variables oscilaron significativamente, lo que indica que para ajustes en las variables de estado, estos dos instrumentos necesitan variar mucho. Esto es, la matriz de penalización debe tomar en cuenta que las unidades del tipo de cambio, el índice de precios y la tasa de interés se tienen que manejar con una escala conveniente. En adición son variables que al tener alguna variación pueden afectar fuertemente el comportamiento de la economía. (Ver figura 4.7 y 4.8).

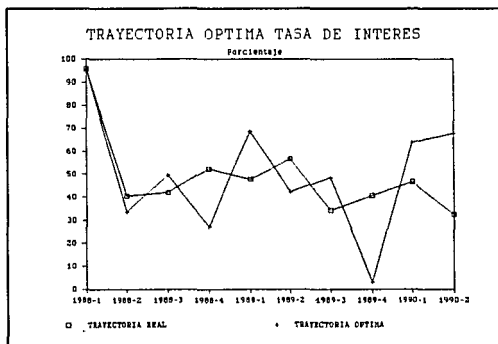


Figura 4.7

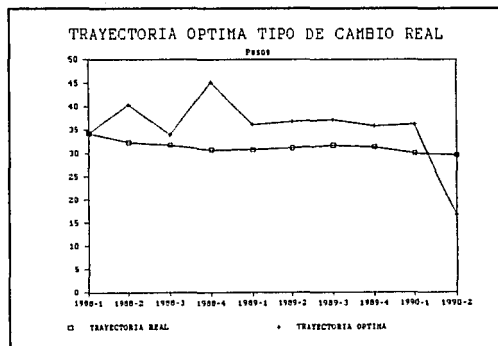


Figura 4.8

Para considerar las consecuencias de mantener lo más cercano posible las variables de sus datos históricos, se realizó una simulación de la trayectoria histórica. Para tal efecto se modificaron las tablas de W y R de acuerdo con las unidades de especificación. Las variables expresadas en millones de pesos son el PIB, el consumo privado, la inversión privada, la inversión y gasto público, las importaciones y las exportaciones; las expresadas en pesos son el tipo de cambio real y el índice de precios al consumidor; y la tasa de interés se manifiesta en porcentaje.

Los resultados que se obtienen ratifican que las unidades imponen un comportamiento un poco alejado de las variables expresadas en miles de millones de pesos, permitiendo un poco de mayor estabilidad en otras variables, como lo son el tipo de cambio, la tasa de interés y la invariabilidad de los precios. En este caso el valor de la función objetivo alcanza el nivel de  $Z=713,119.9109$ . Ver figuras 4.9-4.20.

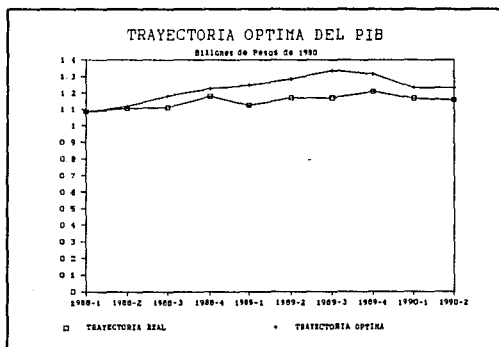


Figura 4.9

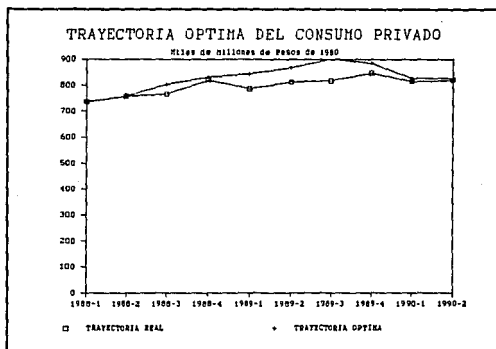


Figura 4.10

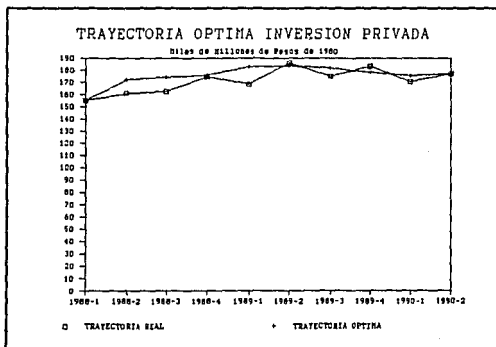


Figura 4.11

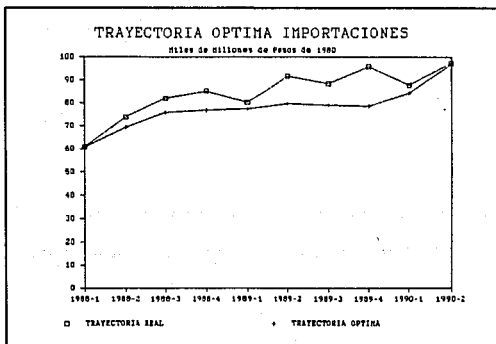


Figura 4.12

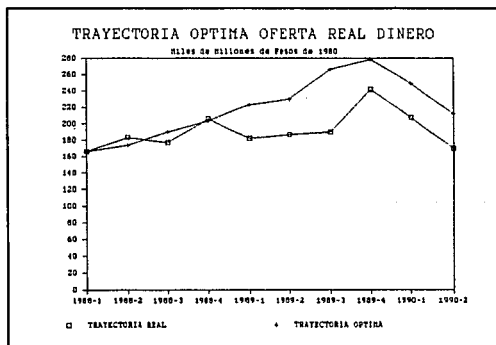


Figura 4.13

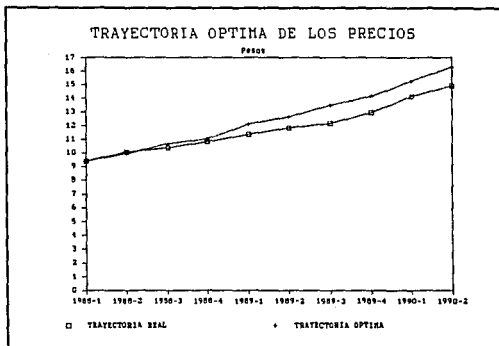


Figura 4.14

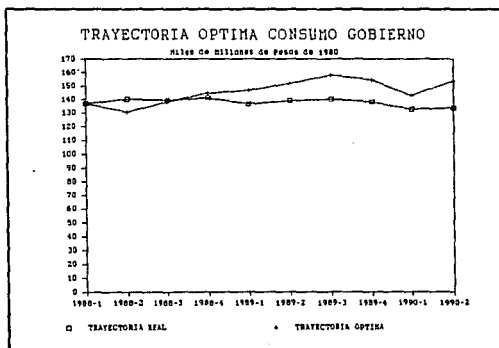


Figura 4.15



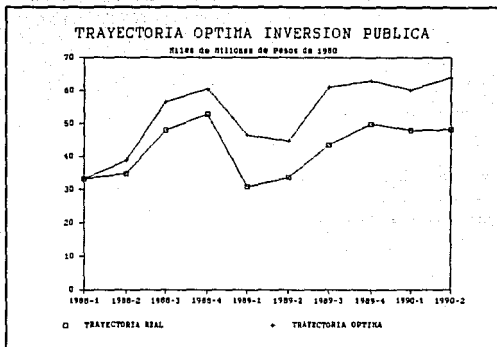


Figura 4.16

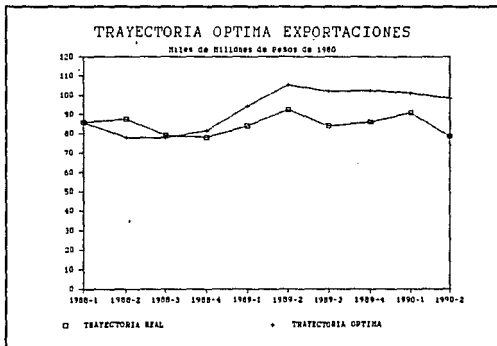


Figura 4.17

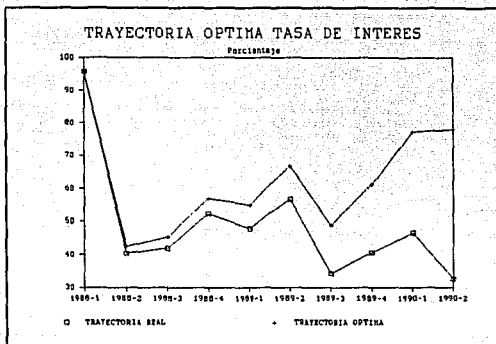


Figura 4.18

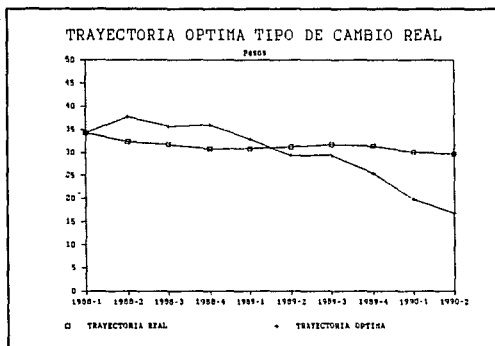


Figura 4.19

De esta sección se desprende la posibilidad de análisis de las políticas que llevan a mantener las metas que se plantea el actual gobierno de acuerdo con distintas penalizaciones. Pero estas penalizaciones deben ser observadas conjuntamente con la situación histórica, de forma tal que en primera instancia se analice la viabilidad económica de mantener los niveles de las variables de forma que puedan ser soportadas por el sistema económico mexicano. Por ejemplo, si no tomamos en cuenta la infactibilidad de ajustar estrechamente las metas de crecimiento del PIB con las del

crecimiento de los precios, los resultados pueden llevar a que algunas variables tomen un valor exorbitante en un extremo (tasa de interés), o hasta cero en el otro (importaciones). Es por eso que el modelo no permite que las variables tomen valores negativos.

### **IV.3 Simulación con distintos niveles de penalización y análisis de resultados**

Se efectuó una simulación en la que las penalizaciones de las variables de control se mantuvieron de acuerdo a las unidades utilizadas. Es decir, las variables expresadas en millones de pesos tuvieron una penalización de 0.000001, mientras que el tipo de cambio y la tasa de interés un peso igual a 100. De las variables de estado, al PIB se asignó una penalización de 1, a la inversión privada de 0.00001 y a la senda de las importaciones de 0.000001 de modo que los pesos asignados a las otras variables, les permitieron tomar valores libres.

La simulación consistió en aplicar una tasa de crecimiento promedio anual del PIB, de forma tal que alcance un crecimiento del mismo en un 6% al fin del sexenio. Se aunó un nivel constante de las exportaciones; y un crecimiento constante del gasto público, tasa de interés y tipo de cambio. Además se buscó que la inversión creciera de la misma manera que el PIB y se permitió un incremento en las importaciones.

El resultado de la simulación muestra que es posible mantener el crecimiento del PIB, manteniendo fija la tasa de interés. Sin embargo, el tipo de cambio real mantiene niveles muy bajos. Una interpretación al decremento del tipo de cambio reside en el hecho que menos importaciones permiten alcanzar mayores niveles en el producto, y al mismo tiempo, un menor valor de la función objetivo.

Otro aspecto es que mientras el consumo del gobierno es creciente, la inversión pública decrece. Es decir, como en el modelo la inversión pública afecta negativamente la inversión privada, un crecimiento de ésta última implica una menor participación del Estado en la inversión. Los resultados se expresan de la gráficas 4.20 a la 4.30.

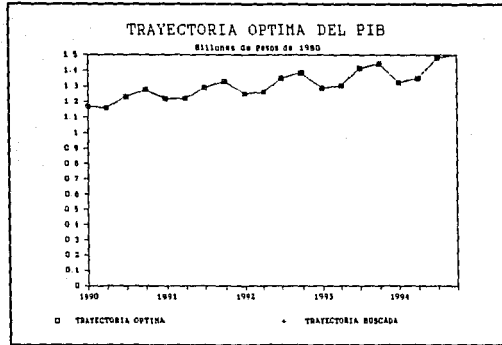


Figura 4.20

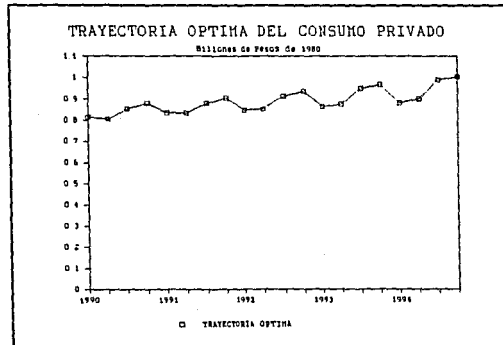


Figura 4.21

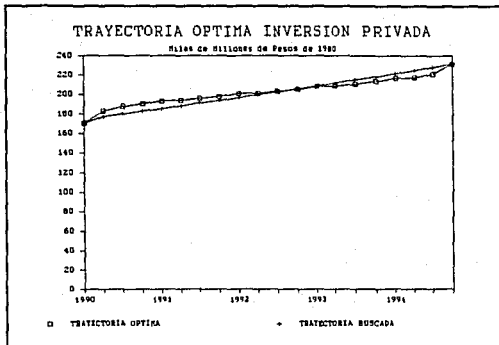


Figura 4.22

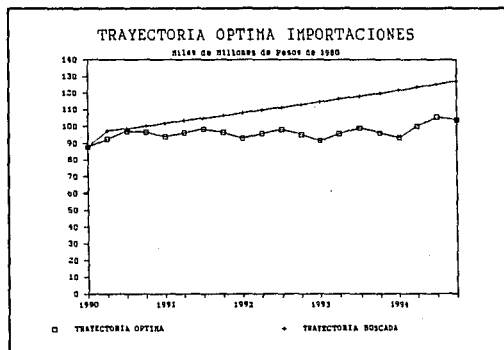


Figura 4.23

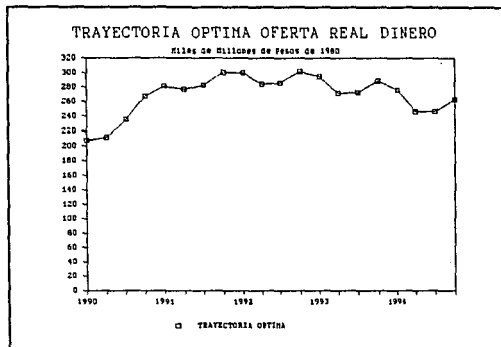


Figura 4.24

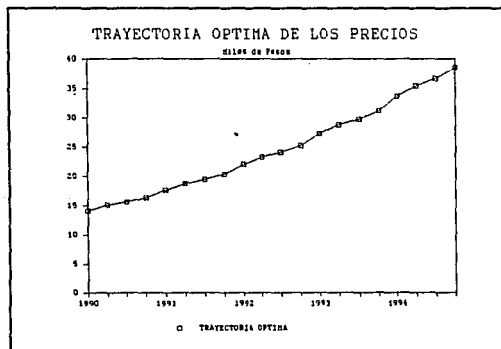


Figura 4.25

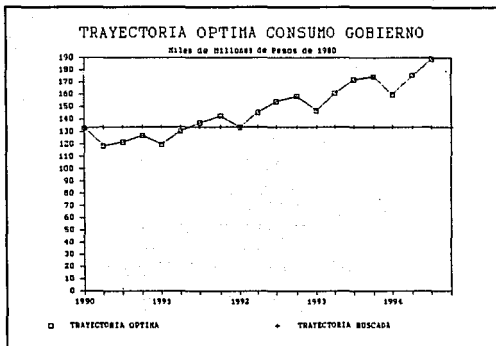


Figura 4.26

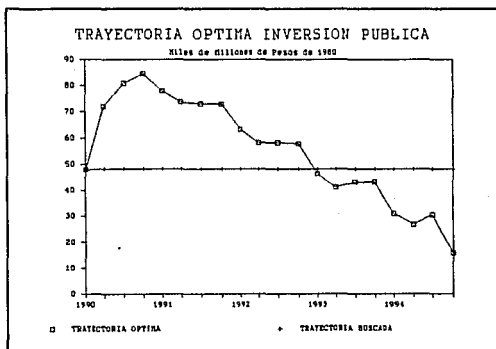


Figura 4.27

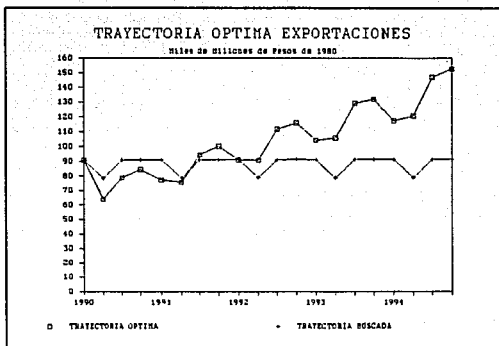


Figura 4.28

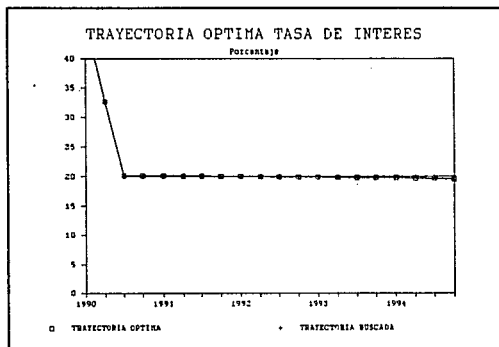


Figura 4.29



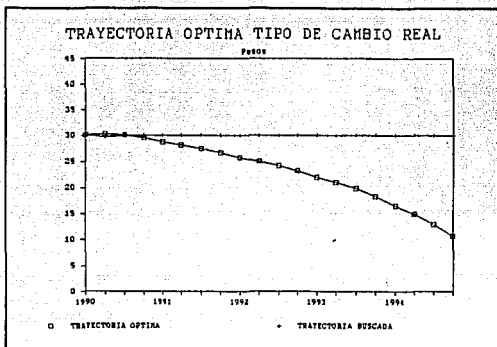


Figura 4.30

Los resultados evidencian la posibilidad de crecimiento del producto interno bruto de modo que al final del sexenio se alcancen las metas esperadas, y puede aún crecer más. Del mismo modo crecerían variables como el consumo privado y la inversión. Sin embargo, el nivel de las importaciones crece porque permite alcanzar la meta de mayores niveles de inversión, aunque no en los términos de las metas porque aumenta el costo en la función objetivo. De hecho, un elemento que permite mantener sus bajos niveles es tipo de cambio real que se deprecia de forma fácilmente reconocible.

Un aspecto que de realce al modelo es que el efecto de desplazamiento de las inversiones (crowding-out) es identificable, debido que se requiere una menor participación del gobierno en la inversión, para alcanzar las metas de estímulo a la inversión privada. Por el lado del mercado financiero, la inversión también aumenta al ser viables las bajas tasas de interés, aunque a costa de aumentar la oferta real de dinero.

Por otra parte en el modelo se sugiere que no se puede aplicar una política estricta de fijación de precios, con una política de crecimiento del producto durante mucho tiempo debido al distinto sentido en las fuerzas de estas dos variables económicas. Del mismo modo, para sostener los altos niveles de transacciones y como respuesta al aumento de precios, se hace necesario un incremento considerable en la oferta real de dinero, contrario a las especulaciones del actual programa de gobierno. Aún en la teoría económica, los niveles de oferta monetaria y tasa de interés no pueden ser fijados al mismo tiempo.

Esto anterior se complementa con el resultado de otra simulación, igual que la primera sólo que la penalización de uno en las variables de estado se asignó al índice de precios al consumidor. El resultado correspondió al de una política completamente recesiva. Hubo una reducción considerable en el gasto público, aumento en las importaciones, disminución de la inversión privada y niveles de producto con tasa de crecimiento negativa.

Una simulación final consistió, en asignar penalizaciones en los niveles de 0.000001 al nivel del producto y al incremento de precios un nivel de 1. Los resultados de esta simulación ocasionaron también que varias variables tomaran el valor de cero, o bien, el nivel del producto llegara a niveles de recesión.

De los distintos escenarios simulados, se desprende la intuición de que ante un conocimiento más profundo de las metas de los programas de gobierno es posible obtener un mejor conocimiento de las repercusiones de las variables de política en el crecimiento del producto y la estabilidad de los precios. Además, resta profundizar en el estudio de economías con niveles de precios fijos, ya que permitiría una visión más completa de las modificaciones estructurales que se han suscitado en los mercados.

El estudio más profundo del fenómeno de la imposición fiscal, balance en cuenta corriente, de los sectores industriales, desigualdad del ingreso y las relaciones económicas con el exterior, permitiría discernir acerca de las políticas del programa de crecimiento ante la situación internacional, principalmente porque desarrollo no es equivalente a crecimiento económico.

## CONCLUSIONES

La teoría del control es susceptible de aplicarse al caso de la economía mexicana contemporánea, debido a que en los criterios generales de política económica, se establecen objetivos bien definidos a lograr en un período determinado, así como los instrumentos de política para alcanzar dichos objetivos. Si bien por ahora, no existe un programa definido del camino que se seguirá para alcanzar el desarrollo a largo plazo, los pactos de concertación toman en cuenta el desempeño futuro. Además las decisiones que se han tomado en los planes de concertación anuales, se basan en la nueva información generada por la situación del momento. La herramienta proporcionada por el control estocástico, permite un análisis más sistemático de la información cuando es escasa, sujeta a errores, contradictoria e inexacta. A través del estudio de la situación económica del sexenio 1982-1988, es observable el hecho que las políticas contractivas de la demanda aplicada en el contexto del control, permitirían notar la deficiente previsión del consiguiente curso de la economía. Esto anterior también es visible en los modelos de sustitución intertemporal.

Por otra parte, la aplicación de las técnicas de control óptimo para resolver problemas económicos de corto plazo, parte del supuesto que es posible construir y operar un modelo matemático para la economía. El caso es que el fenómeno económico también se debe tratar desde una perspectiva dinámica, de tal forma que se pueda conocer y controlar de una forma más eficiente. En nuestro caso, desconocemos la tendencia futura de nuestra economía, por el hecho de que buscamos elegir rutas, enfrentando restricciones debidas tanto al marco nacional, como al internacional. Existe entonces la posibilidad de aplicar el control óptimo como herramienta de análisis, comprobación y control del comportamiento dinámico de la economía nacional. El principio del control óptimo que seguimos es el de desconocimiento de lo que ocurrirá y por el hecho que buscamos medidas que nos encaminen hacia una ruta de estabilidad económica. Dadas las restricciones inherentes de los distintos elementos de estudio de la economía del país, la posibilidad de transferir la teoría del control al caso económico puede ser fructífera.

Finalmente, son tres las características de la economía mexicana que propiciaron el estudio: su formulación de metas, su dinámica y el ambiente de la incertidumbre. Estas pueden estudiarse en el contexto de los sistemas de control óptimo de retroalimentación. En el marco de referencia del control óptimo, las metas podrían ser por ejemplo, una tasa baja de desempleo,

altas tasas de crecimiento, presupuestos balanceados, una distribución más equitativa del ingreso y una balanza más favorable entre las importaciones y exportaciones. Estas metas planteadas por los gobernantes se convierten en sendas deseadas para la economía en un ambiente dinámico. De modo ilustrativo, si al principio del sexenio la tasa de crecimiento del producto nacional bruto es nula, la senda deseada es la de un aumento del producto a fin del sexenio.

Segundo, su dinámica se expresa en dos formas: rezagos en las decisiones y en los efectos. Los rezagos en las decisiones se refieren al tiempo transcurrido entre un choque en la economía y la decisión de hacer algo al respecto. Por mencionar un caso, al bajar los precios internacionales del petróleo, se aplicó la estrategia de aumentar los precios de los bienes y servicios del sector público para no deteriorar el balance presupuestal. Por su parte, los rezagos en los efectos definen el tiempo entre la decisión regulatoria y el instante en que la economía responde. Tal es el caso del tiempo que necesita transcurrir para que las tasas de inflación disminuyeran cuando se congelaron los precios.

Con respecto a la tercera característica, un sistema está sometido a la incertidumbre por distintos motivos, pueden ocurrir choques, modificaciones en el comportamiento de los agentes, y finalmente, errores de medición. Los choques pueden referirse a variaciones en el precio internacional del petróleo. En el caso de modificaciones del comportamiento, éstas se presentan como respuestas a políticas gubernamentales. Y en el caso de la medición, sabemos que las estadísticas contienen errores en su formulación.

Un modelo de control óptimo ofrece ventajas en el sentido que las políticas se convierten en reglas de retroalimentación del sistema, es decir, las condiciones económicas preponderantes se toman en cuenta para el estudio de las decisiones tomadas por el gobierno. La aportación fundamental, sin embargo, proviene de los cambios en los procedimientos de aplicación de política, puesto que se abre una perspectiva de análisis para formular estrategias.

A pesar del tamaño restrictivo del modelo econométrico de la economía mexicana, los experimentos de control óptimo realizados ayudan a entender distintas facetas importantes del comportamiento de las variables de control cuando se ven forzadas para permitir el crecimiento del ingreso nacional, así como para restringir la tasa de inflación. Estos resultados entonces proveen indicaciones valiosas para las políticas de planeación anticíclicas en el corto plazo en un ambiente de incertidumbre.

Uno de los mayores problemas en la elaboración práctica de políticas óptimas es determinar los pasos propicios, es decir, la magnitud y el tiempo, de las políticas fiscales y monetarias bajo condiciones de incertidumbre. Esto es especialmente válido en el

caso de los países en desarrollo que están sujetos a dificultades de naturaleza procíclica y estructural. No es sólo una cuestión de definir la magnitud de una política fiscal o monetaria para alcanzar las metas gubernamentales, sino que también saber la forma como debe estar fechada su aplicación al mismo tiempo que ocasione el menor costo social posible.

La calendarización apropiada de políticas es por tanto de importancia crítica, ya que de otra forma los resultados finales de estas políticas pueden ser desastrosos. La simulación por medio de el uso mecánico de políticas intuitivas, nunca puede ser exitoso en el diseño de políticas óptimas y es por esto que el modelo de control óptimo puede ser aplicado para tener pistas acerca del mejor tiempo de ejecución.

El valor del control óptimo radica en el apoyo en la determinación de políticas, sin embargo también depende de la robustez, exactitud y naturaleza dinámica del modelo econométrico. Se ha mostrado que dado el modelo, esta metodología es muy apropiada para la planeación de políticas del corto plazo y para la comprensión de los dilemas dinámicos con los que los tomadores de decisiones deben confrontarse en la planeación económica.

Mejoras al modelo pueden ser hechas aún, por medio de filtros de Kalman, análisis estructural y mayor número de ecuaciones de comportamiento. De estas herramientas puede desprenderse un modelo de mejores predicciones a través de la depuración intrínseca de la retroalimentación.

El esquema descrito aquí podría ser utilizado para la prescripción de políticas en el corto plazo de la economía mexicana por la incertidumbre de los datos que proporcionan las fuentes estadísticas de la economía mexicana. Las trayectorias de control óptimo simuladas en el modelo pueden indicar si algunas de las políticas son subóptimas. Por tanto, esta metodología indica la factibilidad para el ajuste de políticas potenciales aplicables en el corto plazo.

En el trabajo se mantiene el supuesto que las políticas no pueden ser ajustadas rápidamente. Sin embargo, dado el marco de la teoría del control, los planificadores centrales podrían tomar en cuenta las trayectorias de control óptimo, que serían útiles en la difícil tarea de la toma de decisiones.

En esencia se sugiere que la técnica aquí seleccionada puede ser considerada seriamente en la elaboración de políticas anticíclicas del corto plazo, porque desde el punto de vista de la planeación, este modelo permite la recolección y evaluación de mayores evidencias económicas previas a la prescripción de políticas. Por lo que se demuestra que esta técnica es útil para evaluar las estrategias alternativas en la toma de decisiones.

**APENDICE**

**SOLUCION DE UN MODELO DE OPTIMIZACION CUADRATICO LINEAL**

La elección del método numérico se basó principalmente en el aprovechamiento de las cualidades de un paquete de programación, frente a métodos numéricos formales de optimización. En este apéndice se pretende la explicación de un modelo de programación no lineal utilizado por el GAMS 2.04 - MINOS, para resolver el problema de control óptimo del trabajo. Por tener el problema de optimización la estructura de una función objetivo no lineal (cuadrática) con restricciones lineales, el método numérico del GAMS es apropiado y fácilmente implementable.

Se parte de la estructura estándar de un modelo de programación no lineal. Sea un problema de programación No Lineal expresado de la siguiente manera:

$$\text{Min}_{X, Y} F(x) + c^T X + d^T Y \quad (\text{A.1})$$

$$\text{s. a.} \\ f(x) + A_1 Y \leq b_1. \quad (\text{A.2})$$

$$A_2 + A_3 Y \leq b_2. \quad (\text{A.3})$$

$$l \leq \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \leq u. \quad (\text{A.4})$$

donde los vectores  $c$ ,  $d$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $l$  y  $u$ , y las matrices  $A_1$ ,  $A_2$  y  $A_3$  son constantes,  $F(x)$  es una función escalar y  $f(x)$  un vector de funciones escalares.

Las dos últimas ecuaciones pueden ser escritas como:

$$\begin{aligned}
 & AX + IS = 0 \\
 & \text{con } l \leq \begin{pmatrix} x \\ s \end{pmatrix} \leq u \quad (\text{A.5})
 \end{aligned}$$

aquí  $Is$ , representa variables de holgura.

Los componentes de  $x$  son no lineales y los componentes de  $y$  son lineales. De forma similar, las ecuaciones en A.2 y A.3 se denominan restricciones generales.

Sean  $m_1$  y  $n_1$  el número de restricciones no lineales y lineales respectivamente, y sea  $m$  y  $n$  el número de restricciones y variables. Por tal motivo,  $A_1$  tiene  $m-m_1$  renglones y  $n-n_1$  columna.

Las restricciones de la ecuación A.4 especifican las cotas superiores e inferiores de las variables. En nuestro caso las no linealidades se confinan al término  $F(x)$  en la función objetivo, el problema es un programa no lineal linealmente restringido. Dicho problema puede ser resuelto por medio del algoritmo del gradiente reducido (Wolfe, 1962) combinado con un algoritmo quasi Newtoniano (Davidon 1959), que generalmente conduce a convergencia superlineal. Para la implementación además se puede tomar en cuenta a Murtagh y Sanders (1978).

En el método del gradiente reducido, las restricciones  $Ax+Is=0$  se particionan a la forma:

$$B X_B + S X_S + N X_N = 0 \quad (\text{A.6})$$

donde  $x_B$  es el conjunto de variables superbásicas. En la solución las variables básicas y superbásicas se encuentran entre sus cotas dentro de una tolerancia de factibilidad  $\delta$ , mientras que las variables no básicas son iguales a sus cotas. Sea  $s$  el número de variables básicas, el número de columnas en  $S$ . En la solución  $s$  no será mayor a  $n_1$  (el número de variables no lineales).

En el método del gradiente reducido,  $x_B$  es visto como el conjunto de variables independientes a las que se les permite moverse en cualquier dirección deseable, de forma específica, de forma que aumente el valor de la función objetivo, o reduzca el

número de inactividades. Las variables básicas entonces pueden ser ajustadas de forma tal que continúen satisfaciendo sus restricciones.

Si no se puede lograr ninguna mejoría con B, S y N, algunas de las variables no básicas son seleccionadas para ser agregadas a S y el proceso se repite con el valor aumentado de s. En todas las etapas, si una variable básica o superbásica encuentra una de sus cotas, esa variable se convierte en no básica y se reduce el valor de s en uno.

Un paso del método del gradiente reducido es una iteración menor. Para problemas lineales, se interpreta al método simplex como el del gradiente reducido, con el número de variables superbásicas oscilando entre cero y uno.

Se necesita de una matriz Z para propósitos explicativos. Toma la forma:

$$Z = \begin{bmatrix} -B^{-1}S \\ I \\ 0 \end{bmatrix} \quad (\text{A.7})$$

aunque nunca es calculada explícitamente. Dada una factorización UL de la matriz base B es posible computar los productos de la forma  $Zq$  y  $Z^T$  resolviendo las ecuaciones lineales que involucran a B y  $B^T$ . Esto a su vez permite que se realice la optimización de las variables superbásicas, mientras que las variables básicas se ajustan para satisfacer las restricciones lineales.

Una parte importante es la implementación de un algoritmo de Newton para optimizar las variables superbásicas. Esto puede alcanzar convergencia superlineal durante cualquier secuencia de iteraciones para las que la partición B, S y N permanecen constantes. Una dirección de búsqueda para las variables superbásicas se obtiene resolviendo el sistema

$$R^T R = Z^T g \quad (\text{A.8})$$

donde g es el gradiente de  $F(x)$ ,  $Z^T g$  es el gradiente reducido y R es una matriz triangular superior densa. Se puede calcular el vector g analíticamente, usando diferenciación simbólica. La matriz R se actualiza de formas distintas para aproximar el Hessiano reducido de acuerdo a  $R^T R = Z^T H Z$ , donde H es la matriz de segundas derivadas de  $F(x)$  o hessiano de  $F(x)$ .

Una vez que q está disponible, la dirección de búsqueda para



todas las variables se define por medio de  $p = Zq$ . Una búsqueda lineal se realiza entonces para aproximar el problema unidimensional:

$$\text{Min}_{\alpha} F(x + \alpha p) \text{ sujeto a } 0 \leq \alpha \leq \beta \quad (\text{A.9})$$

donde  $\beta$  se determina por las cotas en las variables.

Una ecuación  $B^T \delta \pi = g_B$  se resuelve para obtener las variables duales o precios sombra  $\pi$ , donde  $g_B$  es el gradiente de la función objetivo asociado con sus variables básicas. Se sigue que  $g_B - B^T \pi = 0$ . La cantidad análoga para las variables superbásicas es el vector del gradiente reducido  $Z^T g = g_s - S^T \pi$ , ésto debe ser cero en una solución óptima.

Estas son las características que hacen del paquete GAMS MINOS 204, un programa de programación versátil para resolver modelos de programación no lineal con restricciones lineales.

## BIBLIOGRAFIA

- Aoki, M. (1976) Dynamic Economic Theory and Control in Economics. Academic Press. U.S.A.
- Aoki, M. (1989) Optimization of Stochastic Systems. Academic Press. U.S.A.
- Arzac, Enrique y M. Wilkinson (1979) "Stabilization Policies for the United States Feed Grain and Livestock Markets". Journal of Economic Dynamics and Control, 1(1), pp. 39-58.
- Brailovski, Vladimir. (1989) "The Macroeconomic Implications to the Debt 'Crisis' in Mexico, 1982-88". Political Economy, 5(1). pp. 37-58. Torino, Italia.
- Bray, J. (1974) "Predictive Control of a Stochastic Model of the U.K. Economy Simulating Present Policy Making Practice by the U.K. Government". Annals of Economic and Social Measurement, 3(1), pp. 239-56.
- Chow, G. (1975) Analysis of Control and Dynamic Systems. John Wiley. U.S.A.
- Chow, G. (1977) "Usefulness of Imperfect Models of the Formulation of Stabilization Policies". Annals of Economic and Social Measurement, 6(2), pp. 175-88.
- Chow, G. (1981) Econometric Analysis by Control Models. John Wiley. U.S.A.
- Cooper, J. y S. Fisher (1975) "A Method of Stochastic Control of Non-Linear Econometric Models and an Application". Econometrica, 4(1), pp. 147-62.
- Craine, R. (1979) "Optimal Monetary Policy with Uncertainty" Annals of Economic and Social Measurement, 1(1), pp. 59-84.
- Davidson, W.C. "Variable Metric Methods for Minimization: A.E.C. Research and Development Report ANL.
- Fair, R. (1974) "On the Solution of Optimal Control Problems as Maximization Problems". Annals of Economic and Social Measurement, 3(1), pp. 135-54.
- Friedman, B. (1972) "Optimal Economic Stabilization Policy: An Extended Framework" Journal of Political Economy, Vol. 80, pp.

1002-22.

- Garbade, K. (1975) Discretionary Control of Aggregate Economic Activity. Lexington. U.S.A.
- Kendrick, D. (1981) Stochastic Control for Economic Models, McGraw-Hill. U.S.A.
- Kendrick, D. (1982) "Caution and Probing in a Macroeconomic Model". Journal of Economic Dynamics and Control, 4(2), pp. 149-70.
- Kendrick, D. (1988) Feedback. Kluwer. Netherlands.
- Kendrick, D. y L. Taylor (1969) "A Dynamic Non-Linear Planning Model for Korea" en Adelman, I. Practical Approaches to Development Planning. John Hopkins U. Press. U.S.A.
- Kyndland, F. y E. Prescott (1977) "Rules Rather than Discretion" Journal of Political Economy, Vol. 81, pp. 473-91.
- Livesey, D. (1971) "Optimizing Short Term Economic Policy" Economic Journal, Vol. 81, pp. 291-3.
- Lucas, R. (1976) "Econometric Policy Evaluation: A Critique" en Brunner, K. The Phillips Curve and Labor Markets. North-Holland. pp.19-46.
- Martens, A. Y R. Pyndick. (1975) "An Optimal Control Model for Multisectoral Investment Planning in Tunisia". Journal of Development Economics, 2(2), pp.99-119.
- Murtagh, A y Saunders, M.A. "Large Scale Linearly Constrained Optimization. Mathematical Programming. 14, pp.41-72.
- Pindyck, R. (1973a) Optimal Planning for Economic Stabilization. North-Holland. Holland.
- Pindyck, R. (1973b) "Optimal Policies for Economic Stabilization". Econometrica, 41(3), pp.529-60.
- Pitchford, J. y S. Turnovsky (1977) Applications of Control Theory to Economic Analysis. North-Holland. Holland.
- Prescott, C. (1972) "The Multi-Period Control Problem Under Uncertainty". Econometrica, Vol. 40. pp. 1043-58.
- Rausser, G. (1978) "Active Learning, Control Theory, and Agricultural Policy". American Journal of Agricultural Economics, 60(3), pp. 476-90.
- Ros, J. y N. Lustig (1986).

- Sargent, T. (1989) Macroeconomic Dynamics.
- Sargent, T. y N. Wallace (1976) "Rational Expectations and the Theory of Economic Policy". Journal of Monetary Economics, Vol. 2, pp. 169-84.
- Schupp, F. (1972) "Uncertainty and Stabilization Policies for a Non-Linear Macroeconomic Model". Quarterly Journal of Economics, 80(1), pp.94-110.
- Sylos-Labini Paolo (1957), Oligopolio y Progreso Técnico.
- Taylor, J. (1979) "Estimation and Control of Macroeconomic Model with Rational Expectations". Econometrica, 47(5), pp.1267-86.
- Turnovsky, S. (1979) "Optimal Monetary Policy under Flexible Exchange Rates". Journal of Economic Dynamics and Control, 1(1), pp.85-100.
- Wolfe, P. (1962) "The Reduced Gradient Method". Artículo publicado para la Compañía RAND.
- Zellner, A. y H. Theil (1962) "Three Stages Least Squares: Simultaneous Estimation of Simultaneous Equations", Econometrica, 30:54-78.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- Brock W.A. y A.G. Milliards. (1989) Differential Equations, Stability and Chaos. North Holland. Amsterdam, The Netherlands.
- Casar, J., G. Rodríguez y J. Ros. (1986) "Ahorro y Balanza de Pagos: Un Análisis de Restricciones al Crecimiento Económico en México". Economía Mexicana. CIDE, México.
- Castañeda, G. "Consecuencias Macroeconómicas del Auge en los Mercados Financieros de México durante 1986-1987". El Trimestre Económico.
- Dornbusch, R. (1988) "Mexico: Stabilization, Debt and Growth", Economy Policies. pp. 234-83. (1988).
- Economía Mexicana. (1988), "La Evolución Reciente y Perspectivas de la Economía Mexicana". CIDE, México.
- Gressani, D. "The Effects of the Mexican Stabilization Program on Inflation. Simulation Results with a Model for Wage and Price Determination" en World Bank. Mimeo.
- Ize, A. (1989) "Trade Liberalization, Stabilization and Growth Some Notes of the Mexican Experience" IMF Working Paper.
- Ortíz, G. (1990) "México Beyond the Debt Crisis Towards Sustainable Growth with Price Stability" Mimeo.
- Parlem, V. (1988) "Inflación, Precios Relativos y la Política de Precios". Economía Mexicana. CIDE, México
- Ramos, T." La Caída de los Salarios Reales y las Transferencias del Exterior. Una Interpretación Inspirada por la Experiencia Mexicana, 1982-1987". Mimeo.
- Reyes Heroles J. "Estabilización, Crecimiento en México: Gestión de la Deuda Pública". Trimestre Económico.
- Ruprah Inder. (1988) "Déficit Fiscal, Inflación y Crecimiento: 1983-1987". CIDE, México.
- Van Wijnbergen, S. "Crecimiento, Deuda Externa y Tipo de Cambio Real en México" Mimeo.