



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA

LAS FLUCTUACIONES CÍCLICAS DE LA ECONOMÍA MEXICANA

GENARO ALMENDRA ARAO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2007

La presente tesis titulada: **Las Fluctuaciones Cíclicas de la Economía Mexicana**, realizada por el alumno: **Genaro Almendra Arao**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

Consejero: _____
Dr. José Saturnino Mora Flores

Director de Tesis: _____
Dr. Adrián González Estrada

Asesor: _____
Dr. Miguel Ángel Martínez Damián

Asesor: _____
Dr. David Sotres Ramos

Asesor: _____
Dr. Humberto Vaquera Huerta

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Octubre de 2007.

LAS FLUCTUACIONES CÍCLICAS DE LA ECONOMÍA MEXICANA

Genaro Almendra Arao, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2007

Los costos económicos y sociales de las fluctuaciones cíclicas de la economía mexicana son muy grandes y, sin embargo, no se les ha estudiado con los métodos estadísticos y teóricos adecuados. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) identificar las fluctuaciones cíclicas de la economía mexicana y 2) descubrir las regularidades empíricas de esas fluctuaciones. Para ello se usó la metodología del filtrado estadístico y de los comovimientos de las series de tiempo macroeconómicas. Los resultados indican que la inversión y el consumo son procíclicos y están fuertemente correlacionados con el PIB. Los precios son anticíclicos, la inversión es más volátil que el PIB. El agregado monetario nominal M1 es cinco veces más volátil que el PIB, las exportaciones son anticíclicas. Las políticas macroeconómicas anticíclicas de México, no han tenido efecto alguno para atenuar las fluctuaciones cíclicas, debido a que éstas políticas no promueven el cambio técnico y la productividad.

Palabras clave: comovimientos, volatilidad, filtrado estadístico.

CYCLICAL FLUCTUATIONS OF MEXICAN ECONOMY

Genaro Almendra Arao, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2007

The economic and social costs of Mexican economy's cyclical fluctuations are enormous and nevertheless, they have not been studied by suitable statistical and theoretical methods. The objectives of this research were: 1) to identify the cyclical fluctuations of Mexican economy, and 2) to discover the empirical regularities of such cyclical fluctuations. The statistical filtering and comovements methodology was applied to the analysis of macroeconomic time series. The results indicate that investment and consumption are procyclical and strongly correlated to GDP. Prices are anticyclical and investment is more volatile than GDP, Exports are anticyclical, the nominal monetary aggregate M1 is five times more volatile than GDP, Exports are anticyclical. The macroeconomic anticyclical policy of Mexico, has been ineffective to attenuate cyclical fluctuations, because that policy does not promote technical change and productivity.

Key words: comovements, volatility, statistical filtering.

D E D I C A T O R I A

Dedico este trabajo de manera muy especial y con mucho amor a mi esposa Francisca y a mi hija Lizeth, por su estímulo y apoyo incondicional durante todo el proceso de realización de la presente investigación.

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Colegio de Postgraduados y al Programa de Economía, por haberme dado la oportunidad de desarrollarme académicamente.

Al Dr. Adrián González Estrada, por su valiosa asesoría, acertados comentarios y sugerencias, estímulo y apoyo para la realización de la presente investigación.

Al Dr. José Saturnino Mora Flores, por su valiosa asesoría, y sugerencias para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Miguel Ángel Martínez Damián, por su valiosa asesoría, comentarios y sugerencias para la realización de la presente investigación.

Al Dr. David Sotres Ramos, por sus acertados comentarios y sugerencias para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Humberto Vaquera Huerta, por su valiosa asesoría, comentarios y sugerencias para la realización de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	iii
<i>Abstract</i>	iv
Índice general	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Cuadros	xi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.	1
1.1. Planteamiento del problema.	3
1.2. Objetivos.	5
1.3. Hipótesis.	7
2. MARCO TEÓRICO.	9
2.1. La economía clásica.	9
2.2. El ciclo de Joseph C. Juglar.	9
2.3. Las crisis económicas según Marx.	10
2.4. La escuela neoclásica.	12
2.5. Keynesianismo.	12
2.6. Kondratieff y Schumpeter.	15
2.7. La nueva escuela clásica.	16
3. METODOLOGÍA.	19
3.1. Definiciones y teoremas fundamentales.	19
3.2. El filtro de Kalman.	21
3.2.1. El filtro de Kalman para sistemas variantes en el tiempo con ruidos estacionarios.	22

3.2.2.	El filtro de Kalman para sistemas invariantes en el tiempo con ruidos estacionarios.	30
3.3.	Forma espacio-estado del filtro Hodrick-Prescott.	31
3.4.	El método de Hodrick-Prescott.	34
3.4.1.	Valor del parámetro de suavidad.	37
3.4.2.	Volatilidad, correlación contemporánea y cambio de fase.	37
3.5.	Dualidad entre el operador lineal óptimo y el filtro de Kalman.	39
3.6.	Auges y recesiones de los ciclos económicos.	41
3.7.	Pruebas de raíz unitaria.	42
3.8.	Prueba Breusch-Godfrey para autocorrelaciones de orden superior.	45
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	47
4.1.	El producto interno bruto y su componente secular fluctuante.	47
4.2.	Sensibilidad del componente cíclico del PIB ante los cambios en el valor del parámetro de suavización.	48
4.3.	Variabilidad y covariabilidad.	51
4.3.1.	Los componentes cíclicos de la demanda agregada.	54
4.3.2.	Los componentes cíclicos de las variables macroeconómicas de México.	57
4.3.3.	Los componentes cíclicos de las variables monetarias y de los precios.	59
4.4.	Análisis de correlación cruzada (prociclicidad).	63
4.5.	Correlaciones cruzadas de los componentes cíclicos.	67
4.6.	Pruebas de estacionariedad.	70
4.7.	Análisis de cointegración de las variables macroeconómicas.	76
4.8.	Análisis de persistencia o de cambio de fase.	76
4.9.	Correlación serial de las variables macroeconómicas.	80
4.10.	Regularidades empíricas de los ciclos económicos en otros períodos.	84
4.10.1.	Período, 1980.I-1986.IV.	84
4.10.2.	Período, 1987.I-1994.IV.	87
4.10.3.	Período, 1939-1986.	89
4.10.4.	Período, 1987-2003.	91

5. CONCLUSIONES.	93
6. BIBLIOGRAFÍA.	95
ANEXO A.	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Fases de los ciclos económicos.	11
Figura 2. Logaritmo del producto interno bruto observado y su tendencia secular fluctuante 1987.I-2003.IV.	47
Figura 3. Logaritmo del producto interno bruto observado y su tendencia secular fluctuante, 1939-2003.	48
Figura 4. Componente cíclica del PIB para diferentes valores del parámetro de suavización, 1987.I-2003.IV.	50
Figura 5. Componente cíclica del consumo.	56
Figura 6. Componente cíclica de la inversión.	56
Figura 7. Componente cíclica de gastos de gobierno.	56
Figura 8. Componente cíclica de las exportaciones.	56
Figura 9. El PIB y sus componentes, 1987.I-2003.IV. 1993=100.	57
Figura 10. Componentes cíclicos de Y, C, I y G, 1987.I-2003.IV.	59
Figura 11. Los componentes cíclicos de las variables monetarias y de los precios, 1987.I-2003.IV.	61
Figura 12. Correlaciones cruzadas del PIB adelantado y rezagado ocho trimestres con las diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-2003.IV.	64
Figura 13. Respuesta del PIB a <i>shocks</i> positivos de una desviación estándar de las principales variables macroeconómicas.	74
Figura 14. Funciones de respuesta al impulso.	82
Figura 15. Tasa de crecimiento del PIB, 1939-2003.	102
Figura 16. Exportaciones (millones de pesos de 1993)	103
Figura 17. Exportaciones.	104
Figura 18. Correlación cruzada del PIB, adelantado y rezagado ocho trimestres con las diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-2003.IV.	109

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Desviación estándar y correlación serial de la componente cíclica del PIB para diferentes valores del parámetro de suavización, 1987.I-2003.IV.	49
Cuadro 2. Matriz de variabilidad.	51
Cuadro 3. Matriz de correlaciones.	52
Cuadro 4. Matriz de asociación y estabilidad.	54
Cuadro 5. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-2003.IV.	69
Cuadro 6. Pruebas de raíz unitaria, de la primera diferencia de las variables macroeconómicas.	73
Cuadro 7. Contraste de Breusch-Godfrey para autocorrelaciones de orden superior.	81
Cuadro 8. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1980.I-1986.IV.	86
Cuadro 9. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-1994.IV.	88
Cuadro 10. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1939-1986.	90
Cuadro 11. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1987-2003.	92
Cuadro 12. Matriz de desviaciones estándar, 1980.I-1986.IV.	105

Cuadro 13. Matriz de desviaciones estándar, 1987.I-1993.IV.	106
Cuadro 14. Matriz de desviaciones estándar, 1939-1986.	107
Cuadro 15. Matriz de desviaciones estándar, 1987-2003.	108

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

El capitalismo es un sistema económico, social y político que por su propia naturaleza se desarrolla a través de crisis recurrentes. “La crisis económica de superproducción es la fase principal del ciclo capitalista. Al culminar un ciclo, da inicio a un nuevo ciclo, pasando a la fase de depresión, que es sustituida por la reanimación y ésta, a su vez, por la de auge” (Diccionario de Economía Política, 1985).

“La base material del desarrollo cíclico de la economía capitalista y del surgimiento periódico de las crisis de superproducción no es sino la renovación del capital fijo” (Diccionario de Economía Política, 1985).

“Después de concluida la revolución industrial, el mundo capitalista comenzó a hundirse periódicamente en la vorágine de las crisis de superproducción” (Diccionario de Economía Política, 1985). Hubo crisis de superproducción en 1825, 1836, 1847, 1857, 1866, 1873, 1882, 1890, 1900, 1907, 1913-1914, 1920-1921, 1929-1933, 1937-1938, 1948-1949, 1953-1954, 1957-1958, 1960-1961, 1969-1971 y 1974-1975 (Diccionario de Economía Política, 1985). De todas las crisis anteriores, la de 1929-1933, fue la más destructiva en la historia del capitalismo (Diccionario de Economía Política, 1985).

“La Gran Depresión, que comenzó en 1929 y sólo vino a terminar una década más tarde, es con mucho la caída cíclica más larga y más profunda. Un cataclismo mundial” (Sachs y Larrain, 1994). “Entre 1929 y 1932, la producción industrial cayó verticalmente en el mundo entero, con un descenso de casi el 50% en Estados Unidos, alrededor del 40% en Alemania, cerca del 30% en Francia”. “Los precios cayeron casi 25% en el Reino Unido, algo más de 30% en Alemania y Estados Unidos y más de 40% en Francia” (Sachs y Larrain, 1994). El desempleo alcanzó niveles asombrosos y trágicos “La tasa de desempleo en Estados Unidos subió a un 25% de la fuerza laboral en 1933”.

“La Gran Depresión fue un fenómeno global, que se propagó desde los países desarrollados hacia los países en desarrollo”. “A través de América Latina, África y Asia, las economías entraron en colapso al venirse abajo los precios de las exportaciones

INTRODUCCIÓN GENERAL

de materias primas en los mercados mundiales como consecuencia de un abrupto descenso en la demanda de los países industriales” (Sachs y Larrain, 1994).

Como quedó demostrado por esta gran crisis a nivel mundial, el costo económico y social de las crisis económicas es demasiado grande, de ahí la importancia de estudiar este tipo de fluctuaciones económicas.

Las investigaciones de los ciclos económicos debe ser uno de los fundamentos de la política económica de los gobiernos de todos los países.

Los principales objetivos de la presente investigación fueron: 1) identificar las fluctuaciones cíclicas de la economía mexicana y 2) descubrir las regularidades empíricas de tales fluctuaciones cíclicas, en cinco períodos diferentes.

1.1. Planteamiento del problema.

Durante el período 1939-1980, la economía mexicana se caracterizó por crecimiento económico y estabilidad en las principales variables macroeconómicas. La tasa de crecimiento anual del PIB siempre fue positiva (Figura 15, en anexo). Sin embargo, durante el período 1981-2004, se caracterizó por un menor crecimiento, altas tasas de inflación, devaluaciones del tipo de cambio y por las dos crisis más severas en la historia reciente: la crisis de 1981-1983 y la crisis de 1994-1995.

En la crisis de 1981-1983, el PIB pasó de 1,067,220 a 986,439 millones de pesos de 1993, en un período de 6 trimestres, por lo que el costo de oportunidad de esta crisis fue de 80,781 millones de pesos, lo cual equivale al salario devengado en 1993 por 17 millones de obreros durante 1 año, o al 7.56% del PIB.

En la crisis de 1994-1995, el PIB pasó de 1,331,435 a 1,209,052 millones de pesos de 1993 en un período de 2 trimestres, por lo que el costo de oportunidad de esta crisis fue de 122,383 millones de pesos de 1993. Esto equivale al salario devengado en 1993 por 26 millones de obreros durante 1 año, o al 9.2% del PIB (INEGI, 1995). Esta segunda crisis fue más severa que la crisis de 1981-1983, y manifestó todo sus efectos en un tiempo menor.

No obstante el inmenso costo económico y social de las crisis económicas para el pueblo de México y para la economía nacional, existen muy pocas investigaciones que aborden el estudio de las regularidades empíricas del ciclo económico de la economía mexicana.

Nuestra revisión bibliográfica de las investigaciones sobre las crisis de la economía mexicana, no reportó referencia alguna para el período 1939-2003, en la que se haya usado la metodología de filtrado y de comovimiento de series de tiempo de agregados económicos.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Con la metodología de Hodrick y Prescott (1997), es posible analizar los ciclos económicos de cualquier variable macroeconómica y comparar dichos ciclos, por ejemplo, con los ciclos del PIB. De esta manera se podría determinar si la componente cíclica de la variable macroeconómica bajo estudio está adelantada, es contemporánea o está rezagada con respecto al ciclo del PIB. Además, se determinaría la volatilidad y la correlación de la variable macroeconómica en estudio con respecto al ciclo del PIB.

El análisis anterior es relevante por sus implicaciones prácticas y teóricas.

Por ejemplo, podría ser la base para desarrollar modelos de pronósticos de los ciclos económicos o desarrollar modelos de indicadores líderes en la predicción de los ciclos económicos, para orientar la toma de mejores decisiones de política económica.

1.2. Objetivos.

Los objetivos de la presente investigación fueron:

Objetivo 1: Identificar las fluctuaciones cíclicas de la economía mexicana y cuantificar sus regularidades empíricas durante el período 1939-2003.

Objetivo 2: Someter a verificación todas las hipótesis de investigación.

Objetivo 3: Analizar las componentes cíclicas de veintiún variables macroeconómicas con respecto a la componente cíclica del PIB durante el período 1939-1980. Se trata de realizar el análisis de comovimiento para estas veintiún variables macroeconómicas con datos de periodicidad anual.

Objetivo 4: Realizar el análisis de comovimiento para veinticinco variables macroeconómicas con datos de periodicidad trimestral durante el período 1980-2003.

Objetivo 5: Realizar el análisis de comovimiento de veintiún variables macroeconómicas antes de la apertura comercial, para el período 1939-1986 con datos de periodicidad anual y para el período 1980-1986 con datos de periodicidad trimestral.

Objetivo 6: Realizar el análisis de comovimiento de veinticinco variables macroeconómicas después de la apertura comercial para el período 1987-2003, con datos de periodicidad trimestral.

Objetivo 7: Identificar los cambios en el comovimiento de las componentes cíclicas de las exportaciones, antes y después de la apertura comercial.

Objetivo 8: Identificar los cambios en el comovimiento de las importaciones antes y después de la apertura comercial.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Objetivo 9: Para la componente cíclica de cada una de las veinticinco variables macroeconómicas analizadas, identificar las siguientes características del ciclo con respecto al ciclo del PIB:

- a) Volatilidad y volatilidad relativa;
- b) Prociclicidad, anticiclicidad y aciclicidad;
- c) Anticipación, contemporaneidad y rezago;
- d) Correlación positiva más fuerte, correlación negativa más fuerte, correlación más débil.

De la presente investigación, se desprende un reto formidable: desarrollar un modelo de equilibrio general estocástico para la economía mexicana, que pueda reproducir las regularidades empíricas reportadas. El desarrollo de esa clase de modelos de equilibrio general es importante para la definición de políticas eficientes económicamente y óptimas desde un punto de vista social.

1.3. Hipótesis.

Hipótesis de investigación 1: La inversión es procíclica y es el componente más volátil de la demanda agregada. La volatilidad de la inversión es varias veces mayor a la del consumo.

Hipótesis de investigación 2: Durante el período 1939-2003 el 50% de las fases de contracción de la economía coinciden con las “crisis de fin de sexenio”.

Hipótesis de investigación 3: Durante el período 1939-1986, las principales variables macroeconómicas de la economía mexicana se comportan de la siguiente manera:

- a) El consumo del gobierno, el consumo privado, las importaciones, las exportaciones, la inversión y los agregados monetarios deflactados son procíclicos.
- b) El índice nacional de precios al consumidor y los agregados monetarios nominales son anticíclicos.

Hipótesis de investigación 4: Durante el período 1987-2003, las principales variables macroeconómicas de la economía mexicana se comportan de la siguiente manera:

- a) El consumo del gobierno, el consumo privado, las importaciones, la inversión y los agregados monetarios deflactados son procíclicos.”
- b) Las exportaciones, el índice nacional de precios al consumidor y los agregados monetarios nominales son anticíclicos.

Hipótesis de investigación 5: Las exportaciones en la etapa de proteccionismo comercial 1939-1986 son procíclicas.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Hipótesis de investigación 6: Las exportaciones en la etapa de apertura comercial 1987-2003 son anticíclicas; es decir, en la etapa de apertura comercial el crecimiento del PIB no se debe al crecimiento de las exportaciones.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. La economía clásica.

La escuela clásica de pensamiento económico se inicia con los escritos de Adam Smith (1723-1790), y culmina con la obra de David Ricardo (1772-1823). Aunque fueron frecuentes las divergencias entre los economistas desde la publicación de “La riqueza de las naciones” de Adam Smith (1776), hasta la de los “*Principios de economía política*” de John Stuart Mill (1848), los economistas pertenecientes a esta escuela coincidían en lo fundamental.

Los economistas clásicos defendían la ley del valor y creían en una ley formulada por Jean Baptiste Say (1767-1832) (ver Sweezy, 1973), según la cual el mercado garantizaba por sí mismo el equilibrio entre la oferta y la demanda y la armonía de la economía. Es decir, la economía debía estar libre de acontecimientos tan incómodos como las crisis y si se presentaban, se debían a una de las siguientes causas:

- i) Desastres naturales, como terremotos e inundaciones o
- ii) Intromisión de los gobiernos o de banqueros que emitían papel moneda; los malos manejos de los reyes, sus impuestos, los monopolios estatales.

2.2. El ciclo de Joseph C. Juglar.

El Médico francés Joseph Clement Juglar publicó en 1863 su obra: “*Las crisis comerciales y su retorno en Francia, Inglaterra y Estados Unidos*”, en la cual demostró que las crisis no eran fenómenos extraños a la economía y al proceso de producción, sino que formaban parte de su propio desarrollo. A la prosperidad seguía la crisis y a la crisis seguía la prosperidad.

Schumpeter, tenía a Clement Juglar en gran estima y exageradamente, lo consideraba entre los mayores economistas de todos los tiempos.

Juglar fue el primero que usó series de tiempo (principalmente sobre precios, tasas de interés, y balances de bancos centrales) sistemáticamente y con la finalidad precisa de analizar un fenómeno definido.

2.3. Las crisis económicas según Marx.

Antes de Juglar, el alemán Karl Marx (1818-1883), escribió su obra: *“El Capital: Crítica de la Economía Política”*.

Karl Marx desarrolló una crítica profunda de la Economía Clásica. Descubrió que cada vez que se aceleraba el desarrollo capitalista, las ganancias tendían a crecer con menor rapidez que el capital y a medida que el capital aumenta, el rendimiento de las inversiones tiende a disminuir. Así, Marx consideró que al acelerarse el crecimiento, el rendimiento de las inversiones o tasa de ganancia llega a ser cada vez menor y ésta es la causa principal de las crisis capitalistas. Al bajar la tasa de ganancia se reducen las inversiones y por esta vía el empleo y el consumo de maquinarias, materias primas y artículos de subsistencia, multiplicándose el efecto depresivo (Sweezy, 1973).

Marx puntualizó, al mismo tiempo, la existencia de seis fuerzas que contrarrestan este proceso, a las que llamó factores contrarrestantes (*El Capital, Tomo III*, p. 232-239): el aumento del grado de explotación de trabajo (prolongación de la jornada de trabajo); la reducción del salario por debajo de su valor; el abaratamiento del capital constante (derivado de la depreciación del capital existente); la superpoblación relativa (abundancia del trabajo asalariado disponible para incrementar la explotación o reducir el salario); el comercio exterior (mediante el abaratamiento de las materias primas y los bienes de consumo de los asalariados), y el aumento del capital por acciones.

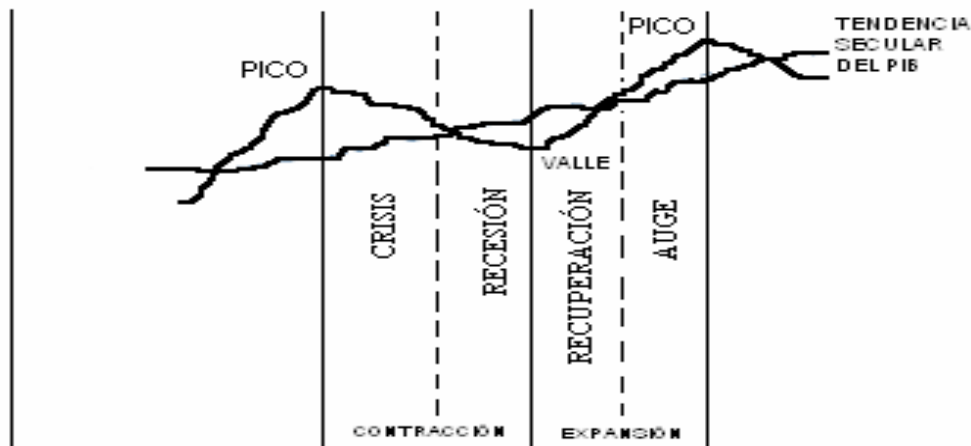
MARCO TEÓRICO

Marx, demostró no sólo por qué el capitalismo tiene que caer en crisis periódicas, sino también cómo se puede salir de ellas. Marx dice que: “en todo caso, el equilibrio se restablecerá mediante la inmovilización e incluso la destrucción de capital en mayor o menor proporción.” (*El Capital, Tomo III*, p. 251). “al mismo tiempo, entrarán en juego otros factores. La paralización de la producción dejará ociosa a una parte de la clase obrera y, con ello, la parte que trabaja se verá colocada en condiciones en que no tendrá más remedio que acceder a una baja de salarios, incluso por debajo del nivel medio; operación ésta que tiene para el capital exactamente los mismos efectos que si, manteniendo el nivel medio de los salarios, aumentase la plusvalía relativa o absoluta.” (*El Capital, Tomo III*, p.252).

Marx también descubrió el papel crucial del cambio técnico y de la productividad para hacer crecer la tasa de ganancia y para incentivar constantemente a la producción.

De acuerdo con el *Diccionario de Economía Política* (1985), las cuatro fases que comprenden los ciclos económicos son:

Figura 1. Fases de los ciclos económicos.



2.4. La escuela neoclásica.

El surgimiento de la escuela Neoclásica en su versión marginalista tiene sus orígenes en la década de 1870, cuando por separado, cuatro profesores, publican sus obras, donde consignan que el valor es idéntico al precio de una mercancía y depende de la utilidad marginal que proporciona el consumo de esa mercancía. Esos pensadores fueron: i) William Stanley Jevons (1835-1882), con su obra “*Teoría de la Economía Política*” de 1871; ii) Karl Menger (1840-1921), con su libro “*Principios de Economía*” también de 1871; iii) León Walras (1834-1910), con su trabajo “*Elementos de Economía Pura*” de 1874, y iv) Alfred Marshall (1842-1924), quien publica sus ideas en su libro: “*Principios de Economía*”, publicado en 1890.

Un dato interesante es que William Stanley Jevons, atribuía las crisis a las manchas solares.

Los marginalistas aseguran que el desempleo y las depresiones pueden eliminarse permitiendo que el mercado actúe sobre los salarios disminuyéndolos. Es decir, que el desempleo depende de un desequilibrio temporal del mercado y de los factores que impiden la disminución de los salarios.

León Walras construyó, mediante un sistema de ecuaciones, un modelo completo del equilibrio general. Schumpeter (1975) dice: “debemos ver en la teoría de la utilidad de Jevons-Menger una teoría embrionaria del equilibrio general o, en todo caso, una forma particular del principio unificador que inspira la base de cualquier sistema de equilibrio general.”

2.5. Keynesianismo.

John Maynard Keynes (1883-1946), abogaba por la intervención del Estado en la economía a fin de neutralizar los efectos de las crisis económicas (Dillard, 1977). En

opinión de Keynes, cuando el mercado muestra síntomas de recesión, la intensificación de la actividad económica del Estado podría interrumpir el proceso oscilatorio, previniendo la fase de depresión y desempleo.

Keynes demostró que un gobierno puede utilizar su poder económico, su capacidad de gasto, sus impuestos y el control de la oferta monetaria para paliar, e incluso en ocasiones eliminar, el mayor inconveniente del capitalismo: las frecuentes depresiones económicas. Según Keynes, durante una depresión económica el Estado debe aumentar el gasto público, aun a costa de incurrir en déficit presupuestarios, para compensar la caída del gasto privado. En una etapa de expansión económica, la reacción debe ser la contraria, si la expansión está provocando movimientos especulativos e inflacionistas (Dillard, 1977).

Para Keynes, la causa esencial del ciclo económico se encuentra en las fluctuaciones cíclicas de la eficacia marginal del capital. También observó que la inestabilidad es la característica principal a corto plazo de la eficacia marginal del capital. Basándose en el concepto de multiplicador, explica el carácter acumulativo de la expansión y la contracción. El punto crítico del paso de la expansión a la contracción lo explica por un colapso de la eficacia marginal del capital. La contracción que sigue al colapso de la eficacia marginal del capital es probable que se produzca a ritmo rápido por el efecto multiplicador (Dillard, 1977).

De acuerdo con Keynes (1968), la teoría clásica del empleo se basa en dos postulados: I) El salario es igual al producto marginal del trabajo: “Esto es, el salario real de una persona ocupada es igual al valor que se perdería si el nivel de empleo disminuyera en una unidad (después de deducir los costes que posiblemente se evitarían al reducirse el volumen de producción). Este enunciado está sujeto, sin embargo, a la condición de que esta igualdad puede dejar de cumplirse, si la competencia y los mercados no son perfectos” (Keynes, 1968); II) La utilidad del salario, cuando se emplea un volumen dado de trabajo, es igual a la desutilidad marginal de este volumen de empleo: “Por

desutilidad debe entenderse cualquier motivo que induzca a un hombre o a un grupo de hombres a abandonar su trabajo antes que aceptar un salario que tenga para ellos una utilidad inferior a un determinado mínimo” (Keynes, 1968). “Esto es, el salario real de una persona empleada basta precisamente (según la opinión de esta persona) para inducir el empleo del volumen de trabajo realmente ocupado. Este enunciado está sujeto a la condición de que para cada unidad individual de trabajo esta igualdad puede verse perturbada por la existencia de acuerdos entre las unidades aptas para ser empleadas, de manera análoga a como las imperfecciones de la competencia condicionan el primer postulado” (Keynes, 1968).

Keynes (1968), afirmaba que el segundo postulado admite la presencia de desajustes que impiden la existencia de un continuo pleno empleo:

- i) “El paro debido a un desequilibrio temporal de las cantidades relativas de recursos concretos debido a errores de cálculo o al carácter intermitente de la demanda”;
- ii) “El paro ocasionado por retardos debidos a cambios imprevistos”;
- iii) “El paro causado por el hecho de que los cambios de empleo no pueden tener lugar sin una cierta dilación, por lo que en una sociedad dinámica existirá siempre una cierta proporción de recursos desocupados por hallarse “entre empleos sucesivos”;
- iv) “El paro “voluntario” que resulta de la negativa o de la incapacidad de una unidad de trabajo –a causa de la legislación vigente, de las normas sociales, de la existencia de convenios colectivos, de la lentitud de adaptación a los cambios, o, simplemente, a consecuencia de la obstinación de los hombres- para aceptar una remuneración que correspondiese al valor del producto atribuible a su productividad marginal”.

Keynes clasifica como paro “friccional” a las primeras tres causas de paro comentadas arriba.

Keynes (1968), afirmaba que de acuerdo con los dos postulados de la teoría clásica del empleo existen cuatro posibilidades de mejorar el nivel de empleo:

- a) “Una mejora en la organización o en las técnicas de previsión que reduzca el paro friccional”;
- b) “Un descenso de la desutilidad marginal del trabajo, expresada por el salario real para el que existe nueva mano de obra disponible, de manera que baje el paro voluntario”;
- c) “Un aumento de la productividad marginal física del trabajo en las industrias que producen bienes para asalariados (*wage-foods*)”;
- d) “Un aumento en el precio de los bienes para no asalariados en relación con el precio de los bienes para asalariados, acompañado por un desplazamiento, en los gastos de los no asalariados, de los bienes para asalariados a los bienes para no asalariados”.

2.6. Kondratieff y Schumpeter.

Kondratieff (1892-1938), pudo establecer que existen ciclos de precios de 50 años de duración. Explicó el ciclo largo usando factores internos de la economía, pero no enfatizó las variaciones de la tasa de ganancia. En su lugar destacó la parte técnica referente a la sustitución de la maquinaria y edificios.

El economista austríaco Joseph Schumpeter (1939) continuó y perfeccionó la obra de Kondratieff y reunió en su obra “*Business Cycles*” evidencias para explicar el desenvolvimiento de la economía en la forma de tres tipos de ciclos económicos básicos:

- i) Corto, de 40 meses o de Kitchin;
- ii) Medio de 6 a 10 años o de Juglar;
- iii) Largo de 54 a 60 años o de Kondratieff.

Schumpeter constata empíricamente que hay seis Juglar en un Kondratieff y tres Kitchin en un Juglar. Estas regularidades estadísticas le permitieron descomponer y luego

recomponer el perfil coyuntural de los Estados Unidos. De este modo, puede explicar, la duración y la gravedad de las depresiones de 1825-1830, 1873-1878 y 1929-1934, por la coincidencia de las fases descendentes de los tres ciclos elementales.

2.7. La nueva escuela clásica.

En muchas ocasiones cuando se habla de ciclos la figura que viene a la mente es la senoide. En economía el término ciclo se refiere a un concepto más general, (Kydland y Prescott, 1990).

La obra de Arthur Burns (1904-1987) y Wesley C. Mitchell (1874-1948), “*Measuring Business Cycles*”, publicada en 1946, ha sido considerada como el primer estudio sistemático de ciclos económicos basado en series de tiempo.

Burns y Mitchell (1946), introducen la primera definición de ciclo económico en su artículo “*Measuring business cycles*”. En esta definición el ciclo económico consiste en cuatro fases: prosperidad, crisis, depresión y recuperación. Si la serie esta por arriba de su tendencia y creciendo se dice que está en la fase de prosperidad; si la serie esta por arriba de su tendencia y decreciendo, se dice que está en la fase de crisis; si la serie de tiempo está por abajo de su tendencia y creciendo, se dice que está en la fase de recuperación, y si la serie está por abajo de su tendencia y decreciendo, se dice que está en la fase de depresión.

En la década de 1930, algunos economistas desarrollaron modelos de ciclos económicos que dieron origen a ecuaciones en diferencias con shocks aleatorios. Un ejemplo importante aparece en Frisch (1933, 1965). Frisch distingue entre impulsos en la forma de shocks aleatorios y su propagación en el tiempo. El enfatizó el comportamiento oscilatorio. El concepto de equilibrio se interpretó como un sistema en reposo. Algunas veces se usa la analogía con el péndulo para describir este punto de vista de los ciclos (Kydland y Prescott, 1990).

Slutzky (1937), mostró que los ciclos pueden generarse por shocks aleatorios.

Lucas (1977), en su trabajo “*Understanding Business Cycles*”, introduce una definición diferente de ciclo económico. Define el ciclo económico como las desviaciones del PIB de su tendencia a lo largo del tiempo.

De acuerdo con González-Estrada (2003): “La Nueva Escuela Clásica (NEC), en su versión de los ciclos económicos reales, representa la unificación de las teorías de las fluctuaciones cíclicas, del crecimiento económico y del valor (teoría del equilibrio)”. La NEC define las regularidades del ciclo económico como “*comovimientos de las desviaciones desde la tendencia en diferentes agregados de series de tiempo*” (Kydland y Prescott, 1990). Señala la importancia de analizar los comovimientos a lo largo del tiempo de las variables macroeconómicas respecto al PIB y respecto a su tendencia.

La diferencia entre la definición de Burns y Mitchell y la de Lucas es que Burns y Mitchell definen a los ciclos como una sucesión de expansiones y contracciones, y Lucas supone la centralidad del PIB y hace énfasis en el comovimiento de las demás variables macroeconómicas con respecto al PIB. Lo que no hace Lucas, es definir la tendencia (Kydland y Prescott, 1990).

Con el objetivo de definir la tendencia, Kydland y Prescott (1990), consideran los siguientes criterios:

- i) La componente de tendencia del PIB debería ser aproximadamente la curva que los estudiosos de ciclos económicos dibujarían a través de su gráfica;
- ii) La tendencia de una serie de tiempo debería ser una transformación lineal de esta serie de tiempo y esta transformación debería ser la misma para todas las series;
- iii) La longitud del período de muestra no debería alterar significativamente el valor de las desviaciones en una fecha dada, excepto posiblemente cerca de los extremos de la muestra original;

- iv) El algoritmo para obtener la tendencia debería estar bien definido y fácilmente reproducible.

Los anteriores criterios condujeron a Kydland y Prescott (1990), al siguiente problema de programación matemática: dada una serie de tiempo $\{y_t\}_1^T$, esta se considera como la suma de una componente de tendencia g_t y una componente cíclica c_t :

$$y_t = g_t + c_t, \quad t = 1, \dots, T$$

Las c_t son desviaciones desde la componente de tendencia g_t es decir $c_t = y_t - g_t$; dado λ , para determinar la componente de tendencia se debe resolver el siguiente problema

$$\underset{\{g_t\}_1^T}{\text{Min}} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=3}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\}$$

El primer término es la suma de los cuadrados de las desviaciones $(y_t - g_t)$. El segundo término es un múltiplo λ de la suma de los cuadrados de la segunda diferencia de la componente de tendencia g_t . Este segundo término penaliza las variaciones en la tasa de crecimiento de la componente de tendencia, la relación entre el valor de λ y la penalidad, es directa proporcional. El presente problema de minimización se resuelve con todo detalle en la sección 3.4. del Capítulo de Metodología.

Kydland y Prescott (1990), encontraron que si los datos de la serie de tiempo son trimestrales entonces un valor de $\lambda = 1600$ es razonable.

3. METODOLOGÍA.

3.1. Definiciones y teoremas fundamentales.

Teorema 1.

Sea el vector aleatorio $[x', y']$ con medias y varianzas-covarianzas, respectivamente:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ y } \begin{bmatrix} \sum_{xx} & \sum_{xy} \\ \sum_{yx} & \sum_{yy} \end{bmatrix}.$$

Entonces:

$$E^*(x/y) = \bar{x} + \frac{\sum_{xy}}{\sum_{yy}} (y - \bar{y})$$

donde $E^*(x/y)$ denota el estimador o predictor lineal de varianza mínima (Bonilla y Lozano, 1986).

Definición 1.

\hat{x} es el estimador de varianza mínima de X dado $Y = y$, si:

$$E\left\{\|X - \hat{x}\|^2 \mid Y = y\right\} \leq E\left\{\|X - z\|^2 \mid Y = y\right\}$$

para todos los vectores z . Donde $\|\cdot\|$ denota la métrica Euclideana o distancia.

Teorema 2.

Sean X y Y vectores aleatorios conjuntamente distribuidos y \hat{x} el estimador de varianza mínima de X dado $Y = y$. Entonces \hat{x} es único y está dado por la esperanza condicional:

$$\hat{x} = E(X | Y = y).$$

(Bonilla y Lozano, 1986).

Definición 2.

El estimador lineal de X dado Y , denotado como: $E^*(X|Y) = AY + b$, donde A es una matriz y b un vector fijo. El estimador lineal de varianza mínima es el estimador lineal:

$$E^*(X|Y) = A^\circ Y + b^\circ$$

tal que

$$E\left\{\|X - A^\circ Y - b^\circ\|^2\right\} \leq E\left\{\|X - AY - b\|^2\right\}$$

para todo A y b diferentes de cero.

Teorema 3.

Si x y y son conjuntamente gaussianas, el estimador lineal de varianza mínima y el estimador de varianza mínima coinciden (Bonilla y Lozano, 1986).

Teorema 4.

Si x, y_1, \dots, y_k son variables aleatorias conjuntamente distribuidas y y_1, \dots, y_k son no correlacionadas, es decir, $\sum y_i y_j = 0$ para $i \neq j$. Entonces:

$$E^*(x/y_1, \dots, y_k) = E^*(x/y_1) + \dots + E^*(x/y_k) - (k-1)x.$$

(Bonilla y Lozano, 1986).

Teorema 5.

Si x y y son variables aleatorias conjuntamente distribuidas. Entonces el error $x - E^*(x/y)$ asociado con el estimador lineal de varianza mínima de x por y es ortogonal a y :

$$E\{(x - E^*(x/y))y'\} = 0.$$

(Bonilla y Lozano, 1986).

3.2. El filtro de Kalman.

El Filtro de Kalman es una aportación importante a la Teoría de Control Óptimo, a la Programación Dinámica y a la Teoría de la Estimación.

3.2.1. El filtro de Kalman para sistemas variantes en el tiempo con ruidos estacionarios.

Se considera el siguiente modelo espacio-estado

$$x_{t+1} = F_t x_t + G_t w_t + \Gamma_t u_t \quad (1)$$

$$z_t = H_t' x_t + v_t \quad (2)$$

Donde x_t es el vector de estado, w_t y v_t son el ruido del proceso y el ruido de medición respectivamente, u_t es una secuencia de entradas conocidas, F_t, G_t, Γ_t y H_t' son matrices.

Se supone que:

$$E(w_t) = 0 \quad (3)$$

$$E(v_t) = 0 \quad (4)$$

y que el vector de estado x_t es independiente de $[w_t' \ v_t']'$.

$$E \left\{ \begin{bmatrix} w_t \\ v_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_t' & v_t' \end{bmatrix} \right\} = \delta_{tt} \begin{bmatrix} Q_t & S_t \\ S_t' & R_t \end{bmatrix} \quad (5)$$

donde δ_{tt} es la delta de Kronecker.

Las ecuaciones del filtro de Kalman se obtendrán en dos pasos:

I) Primero se obtendrá una ecuación recursiva para el estimado de x , $\hat{x}_{t/t-1}$ definido como el valor esperado de x dadas las mediciones de salida hasta el tiempo $t - 1$.

$$\hat{x}_{t/t-1} = E(x_t / Z_{t-1}) \quad (6)$$

donde $Z_{t-1} = \{z_0, \dots, z_{t-1}\}$.

Se define el error de estimación como:

$$\tilde{x}_t = x_t - \hat{x}_{t/t-1} \quad (7)$$

donde

$$\tilde{x}_0 = x_0 - E(x_0). \quad (8)$$

Proposición 1. La media del error de estimación es igual a cero.

$$E(\tilde{x}_t) = 0.$$

Demostración: (Por inducción matemática).

Puesto que $\tilde{x}_0 = x_0 - E(x_0)$, entonces.

$$E(\tilde{x}_0) = E(x_0) - E(E(x_0)) = E(x_0) - E(x_0) = 0$$

ii) Suponga que $E(\tilde{x}_t) = 0$.

iii) Demuestre que $E(\tilde{x}_{t+1}) = 0$:

$$\begin{aligned}
 E(\tilde{x}_{t+1}) &= E[x_{t+1} - E(x_{t+1})/Z_{t-1}] = E[F_t x_t + G_t w_t + \Gamma_t u_t - E(x_{t+1}/Z_{t-1})] = \\
 &= F_t E(x_t) + \Gamma_t u_t - E E(x_{t+1}/Z_{t-1}) = \\
 &= \Gamma_t u_t + F_t E(x_t) - F_t E(x_t/Z_{t-1}) - \Gamma_t u_t = F_t [E[x_t - E(x_t/Z_{t-1})]] = \\
 &= F_t E(x_t - \hat{x}_{t/t-1}) = F_t E(\tilde{x}_t) = (F_t)(0) = 0.
 \end{aligned}$$

■

Definición 3.

Sea z_k una secuencia de variables aleatorias gaussianas. Entonces se define

$$\tilde{z}_0 = z_0 - E(z_0) \quad \text{y} \quad \tilde{z}_k = z_k - E(z_k/Z_{k-1}).$$

El Teorema 4 implica que:

$$E(x_{t+1}/z_0, \dots, z_t) = E(x_{t+1}/z_t) + E(x_{t+1}/z_{t-1}) - E(x_{t+1}). \quad (9)$$

Determinése los dos primeros términos del miembro derecho de la ecuación anterior.

Nótese que v_t y w_t gaussianas implican que x_{t+1} y z_t son conjuntamente gaussianas y

entonces por el Teorema 3:

$$E(x_{t+1}/z_t) = E^*(x_{t+1}/z_t) \quad (10)$$

Luego por el Teorema 1 y la Proposición 1, se tiene que:

$$E(x_{t+1}/z_t) = E(x_{t+1}) + \text{cov}(x_{t+1}, z_t)(\text{cov}(z_t, z_t))^{-1} z_t. \quad (11)$$

Nótese que:

$$\tilde{z}_t = z_t - E(z_t / Z_{t-1}) = H'_t x_t + v_t - E(H'_t x_t + v_t / Z_{t-1}) = H'_t [x_t - E(x_t / Z_{t-1})] + v_t$$

$$\tilde{z}_t = H'_t \tilde{x}_t + v_t \quad (12)$$

$$\text{cov}(x_{t+1}, \tilde{z}_t) = \text{cov}(F_t x_t + G_t w_t + \Gamma_t u_t, H'_t \tilde{x}_t + v_t) =$$

$$E[(F_t x_t + G_t w_t + \Gamma_t u_t)(H'_t \tilde{x}_t + v_t)'] =$$

de la ecuación (8):

$$= E[F_t x_t \tilde{x}_t' H_t] + G_t E(w_t v_t') = E[F_t x_t \tilde{x}_t' H_t] + G_t S_t$$

de la ecuación (7):

$$\begin{aligned} &= F_t E[(\tilde{x}_t + \hat{x}_{t/t-1}) \tilde{x}_t'] H_t + G_t S_t = F_t \{E(\tilde{x}_t \tilde{x}_t') + E(\hat{x}_{t/t-1} \tilde{x}_t')\} H_t + G_t S_t \\ &= F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t \end{aligned} \quad (13)$$

donde $P_{t/t-1}$ es la matriz de covarianza del error de estimación dada por

$$P_{t/t-1} = E(\tilde{x}_t \tilde{x}_t') \quad (14)$$

En la deducción de la ecuación (13) se usó:

$$E(\hat{x}_{t/t-1} \tilde{x}_t') = 0 .$$

Proposición 2. La Esperanza del producto del estimado de x por la transpuesta del error de estimación es igual a cero.

$$E(\hat{x}_{t/t-1} \tilde{x}_t') = 0 .$$

Demostración:

Por el Teorema 5: $\tilde{x}_t \perp Z_{t-1}$, y puesto que $\hat{x}_{t/t-1} \in Z_{t-1}$, entonces $\hat{x}_{t/t-1} \perp \tilde{x}_t$ y

$$E(\hat{x}_{t/t-1}\tilde{x}_t') = 0.$$

■

Usando la ecuación (12) y el hecho que \tilde{x}_t y v_t son independientes se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{cov}(\tilde{z}_t, \tilde{z}_t) &= \text{cov}(H_t'\tilde{x}_t + v_t, H_t'\tilde{x}_t + v_t) = H_t'E(\tilde{x}_t\tilde{x}_t')H_t + E(v_tv_t') = \\ &= H_t'P_{t/t-1}H_t + R_t \end{aligned}$$

$$\text{cov}(\tilde{z}_t, \tilde{z}_t) = H_t'P_{t/t-1}H_t + R_t \quad (15)$$

Substituyendo las ecuaciones (13) y (15) en la ecuación (11) se obtiene:

$$E(x_{t+1} / \tilde{z}_t) = E(x_{t+1}) + (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t)(H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1} \tilde{z}_t \quad (16)$$

donde se supone que la matriz $H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t$ es no-singular.

Además:

$$\begin{aligned} E(x_{t+1} / Z_{t-1}) &= E(F_t x_t + G_t w_t + \Gamma_t u_t / Z_{t-1}) = F_t E(x_t / Z_{t-1}) + \Gamma_t u_t = \\ &= F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t \end{aligned}$$

$$E(x_{t+1} / Z_{t-1}) = F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t \quad (17)$$

Substituyendo las ecuaciones (16) y (17) en la ecuación (9), se obtiene:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{t+1/t} &= F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t + K_t z_t = F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t + K_t (H_t' \tilde{x}_t + v_t) = \\ &= F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t + K_t H_t' (x_t - \hat{x}_{t/t-1}) + K_t v_t = \\ &= F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t + K_t (z_t - H_t' \hat{x}_{t/t-1}) \end{aligned} \quad (18)$$

con condición inicial: $\hat{x}_{0/-1} = \bar{x}_0$,

donde

$$K_t = (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t)(H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1} \quad (19)$$

K_t se llama la *Ganancia de Kalman*.

II) Ahora en la segunda parte se obtendrá una fórmula recursiva para calcular la matriz de covarianza del error de estimación $P_{t/t-1}$.

Usando las ecuaciones (1), (2), (7) y (18) se obtiene:

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{t+1} &= x_{t+1} - \hat{x}_{t+1/t} = F_t x_t + G_t w_t + \Gamma_t u_t - [F_t \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma_t u_t + K_t z_t - K_t H_t' \hat{x}_{t/t-1}] = \\ &= F_t x_t + G_t w_t - K_t (H_t' x_t + v_t) + (K_t H_t' - F_t) \hat{x}_{t/t-1} = \\ &= F_t x_t - F_t \hat{x}_{t/t-1} - K_t H_t' x_t + K_t H_t' \hat{x}_{t/t-1} + G_t w_t - K_t v_t = \\ &= F_t (x_t - \hat{x}_{t/t-1}) - K_t H_t' (x_t - \hat{x}_{t/t-1}) + G_t w_t - K_t v_t = \\ &= F_t \tilde{x}_t - K_t H_t' \tilde{x}_t + G_t w_t - K_t v_t = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (F_t - K_t H_t') \tilde{x}_t + G_t w_t - K_t v_t \\
 \tilde{x}_{t+1} &= (F_t - K_t H_t') \tilde{x}_t + G_t w_t - K_t v_t \tag{20}
 \end{aligned}$$

Recuérdese que: \tilde{x}_t y $[w_t', v_t']$ son independientes y tienen media cero, por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 P_{t+1/t} &= E(\tilde{x}_{t+1} \tilde{x}_{t+1}') = \\
 &= E \left\{ [(F_t - K_t H_t') \tilde{x}_t + G_t w_t - K_t v_t] [(F_t - K_t H_t') \tilde{x}_t + G_t w_t - K_t v_t]' \right\} \\
 &= (F_t - K_t H_t') E(\tilde{x}_t \tilde{x}_t') (F_t - K_t H_t')' + G_t E(w_t w_t') G_t' + \\
 &\quad K_t E(v_t v_t') K_t' - G_t E(w_t v_t') K_t' - K_t E(v_t w_t') G_t' = \\
 &= (F_t - K_t H_t') P_{t/t-1} (F_t - K_t H_t')' + G_t Q_t G_t' + K_t R_t K_t' - G_t S_t K_t' - K_t S_t' G_t' \tag{21}
 \end{aligned}$$

La ecuación (21) se puede escribir de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 P_{t+1/t} &= F_t P_{t/t-1} F_t' - (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t) K_t' - K_t (H_t' P_{t/t-1} F_t' + S_t' G_t') + \\
 &\quad + K_t (H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t) R_t' + G_t Q_t G_t' \\
 &= F_t P_{t/t-1} F_t' + G_t Q_t G_t' + [K_t - (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t) (H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1}] \\
 &\quad (H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t) [K_t' - (H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1} (H_t' P_{t/t-1} F_t' + S_t' G_t')] \\
 &\quad - (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t) (H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1} (H_t' P_{t/t-1} F_t' + S_t' G_t') \tag{22}
 \end{aligned}$$

Note que $P_{t+1/t}$ en la ecuación (22) es mínima cuando K_t toma el valor dado por la ecuación (19).

Por lo tanto;

$$P_{t+1/t} = F_t P_{t/t-1} F_t' - (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t)(H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1} (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t)' + G_t Q_t G_t' \quad (23)$$

con condición inicial: $P_{0/-1} = P_0$.

La ecuación (23) se llama *ecuación de Riccati*.

Resumen del proceso recursivo del filtro de Kalman para sistemas variantes en el tiempo con ruidos estacionarios.

El filtro de Kalman permite estimar el estado del sistema dado por las ecuaciones (1) y (2) minimizando la matriz de covarianza del error de estimación.

Paso 1): Se comienza con los valores iniciales dados por la media y varianza

de x_0 :

$$\hat{x}_{0/-1} = E(x_0), \text{ y}$$

$$P_{0/-1} = P_0 = E \left\{ [x_0 - E(x_0)][x_0 - E(x_0)]' \right\}$$

Paso 2): Se aplica el proceso recursivo dado por la fórmula (23)

$$P_{t+1/t} = F_t P_{t/t-1} F_t' - (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t)(H_t' P_{t/t-1} H_t + R_t)^{-1} (F_t P_{t/t-1} H_t + G_t S_t)'$$

$$+ G_t Q_t G_t'$$

3.2.2. El filtro de Kalman para sistemas invariantes en el tiempo con ruidos estacionarios.

Se considera el modelo discreto de las ecuaciones (1) a la (5) donde:

$$F = F_t, \quad G = G_t, \quad \Gamma = \Gamma_t, \quad H = H_t, \quad Q = Q_t, \quad R = R_t, \quad S = S_t$$

son matrices constantes. Si además $G = I$ y $S = 0$; entonces las ecuaciones del Filtro de Kalman dadas por las ecuaciones (18), (19) y (23) se simplifican y son:

$$\hat{x}_{t+1/t} = F \hat{x}_{t/t-1} + \Gamma u_t + K_t (z_t - H' \hat{x}_{t/t-1}) \quad (24)$$

con condición inicial:

$$\hat{x}_{0/-1} \equiv \bar{x}_0$$

donde:

$$K_t = F P_{t/t-1} H (H' P_{t/t-1} H + R)^{-1} \quad (25)$$

y

$$P_{t+1/t} = F P_{t/t-1} F' - F P_{t/t-1} H (H' P_{t/t-1} H + R)^{-1} H' P_{t/t-1} F' + Q \quad (26)$$

con condición inicial:

$$P_{0/-1} = P_0.$$

3.3. Forma espacio estado del filtro de Hodrick-Prescott.

El objetivo de la presente sección es demostrar que el filtro de Hodrick-Prescott se puede obtener como un caso particular del filtro de Kalman, para ello se usarán algunas ideas de los artículos de Hodrick y Prescott (1997) y Harvey (1985).

Hodrick y Prescott (1997), consideran a una serie de tiempo macroeconómica y_t como la suma, de una componente de tendencia g_t y una componente cíclica c_t :

$$y_t = g_t + c_t \quad t = 1, \dots, T$$

Las c_t son desviaciones desde la componente de tendencia g_t . Es decir, $c_t = y_t - g_t$.

Siguiendo a Prescott, para determinar la componente de tendencia se debe resolver el siguiente problema de minimización:

$$\text{Min}_{\{g_t\}_{t=1}^T} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=3}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\}$$

donde $\lambda = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$, σ_1^2 es la varianza de la componente cíclica c_t y σ_2^2 es la varianza de

la segunda diferencia de la tendencia g_t .

Luego de acuerdo con la sugerencia de Harvey (1985), este modelo tiene una representación de espacio-estado.

La ecuación de movimiento es

$$y_t = g_t + c_t, \quad t = 1, \dots, T$$

Las ecuaciones de estado son:

$$g_t = g_{t-1} + \beta_{t-1} + \xi_t, \quad \xi_t \equiv 0.$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + v_t, \quad v_t \sim N(0, \sigma_2^2)$$

donde β_{t-1} es la tasa de crecimiento de la tendencia.

Usando notación matricial, la ecuación de estado es:

$$\begin{bmatrix} g_t \\ \beta_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_{t-1} \\ \beta_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \beta_{t-1} + \begin{bmatrix} \xi_t \\ v_t \end{bmatrix}$$

y la ecuación de movimiento es:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ 0 \end{bmatrix} = [1, 0] \begin{bmatrix} g_t \\ \beta_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_t \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Ahora comparando con las ecuaciones (1) y (2) se tiene que:

$$F_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, G_t = I, \Gamma_t = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, H' = [1 \quad 0].$$

El vector de estado es:

$$x_t = \begin{bmatrix} g_t \\ \beta_t \end{bmatrix},$$

el ruido del proceso es:

$$w_t = \begin{bmatrix} \xi_t \\ v_t \end{bmatrix},$$

el ruido de medición es:

$$v_t = \begin{bmatrix} c_t \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad z_t = \begin{bmatrix} y_t \\ 0 \end{bmatrix}.$$

De la ecuación (5) se tiene:

$$Q_t = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 \end{bmatrix}, S_t = 0, R_t = \left\{ \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \right\},$$

por lo tanto se esta en la presencia de un filtro de Kalman para sistemas invariantes

en el tiempo.

Así el proceso recursivo del filtro de Kalman se puede iniciar aplicando las ecuaciones (24), (25) y (26) con condiciones iniciales:

$$\hat{x}_{0/-1} = E(x_0) = E \begin{bmatrix} g_0 \\ \beta_0 \end{bmatrix}$$

$$P_{0/-1} = P_0 = E \left\{ [x_0 - E(x_0)][x_0 - E(x_0)]' \right\}.$$

Harvey (1985) sugiere iniciar el proceso recursivo con números grandes finitos.

3.4. El Método de Hodrick-Prescott.

Para realizar el análisis de las series de tiempo macroeconómicas se usará la metodología sugerida por Hodrick y Prescott (1997).

De acuerdo con ese método, la serie de tiempo se considera como la suma de dos componentes: una componente de tendencia y otra componente cíclica. En caso de que la serie de tiempo tenga una periodicidad menor a un año, será necesario considerar la serie desestacionalizada, o en su caso desestacionalizarla, con el método X11 ARIMA. Se considera que la componente de tendencia se conforma con aquellas variaciones asociadas con factores que cambian lentamente a través del tiempo, tales como: los demográficos, los factores de acumulación de capital. La componente cíclica se asocia con variaciones producidas por factores que cambian rápidamente en el tiempo.

Se asume que la componente de tendencia fluctúa ligeramente en el tiempo (Hodrick y Prescott, 1997).

Se asume que la serie de tiempo y_t es la suma de una componente de tendencia g_t , y una componente cíclica c_t .

$$y_t = g_t + c_t \quad \text{para } t = 1, \dots, T$$

La medida del suavizamiento de la tendencia $\{g_t\}$ es la suma de los cuadrados de su segunda diferencia. La serie $\{c_t\}$ mide las desviaciones de la serie original desde la tendencia, cuyo promedio en períodos largos es aproximadamente cero. Las consideraciones anteriores conducen al siguiente problema de programación para determinar la componente de tendencia g_t . Dado el valor de λ ,

$$\text{Min}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T \{ (c_t)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \} \right\}$$

$$\text{s. a: } y_t = g_t + c_t .$$

Si $L^m g_t = g_{t-m}$, $m \in Z$, entonces:

$$(1-L)^2 g_t = (1-2L+L^2)g_t = g_t - 2g_{t-1} + g_{t-2} = (g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})$$

Por lo tanto, usando esta notación, el problema de minimización es (Almendra-Arao y González Estrada, 2006):

$$\text{Min}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T \left\{ (y_t - g_t)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T [(1-L)^2 g_t]^2 \right\} \right\}$$

De igual manera si se define $\nabla = 1 - L$:

$$\nabla^2 g_t = (1-L)^2 g_t,$$

entonces, el problema de minimización es:

$$\text{Min}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T \{(y_t - g_t)^2\} + \lambda \sum_{t=3}^T [\nabla^2 g_t]^2 \right\}.$$

Las condiciones de primer orden son:

$$0 = 2(y_t - g_t)(-1) + 2\lambda \nabla^2 g_{t+2}(1) + 2\lambda \nabla^2 g_{t+1}(-2) + 2\lambda \nabla^2 g_t(1)$$

lo cual es equivalente a:

$$0 = (g_t - y_t) + \lambda [\nabla^2 g_{t+2} - 2\nabla^2 g_{t+1} + \nabla^2 g_t]$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 (g_{t+2} - 2g_{t+1} + g_t)$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 g_{t+2}$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 \nabla^2 L^{-2} g_t$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 (1-L)^2 L^{-2} g_t$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 (1-2L+L^2)L^{-2} g_t$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 (L^{-2} - 2L^{-1} + 1)g_t$$

$$0 = g_t - y_t + \lambda \nabla^2 (1-L^{-1})^2 g_t$$

$$y_t = [1 + \lambda (1-L)^2 (1-L^{-1})^2] g_t$$

Por lo tanto:

$$g_t = \frac{y_t}{1 + \lambda (1-L)^2 (1-L^{-1})^2}$$

y

$$c_t = y_t - g_t = \left[1 - \frac{1}{1 + \lambda (1-L)^2 (1-L^{-1})^2} \right] y_t$$

El filtro Hodrick-Prescott para obtener la componente secular es, entonces :

$$\frac{1}{1 + \lambda (1-L)^2 (1-L^{-1})^2} .$$

El filtro Hodrick-Prescott para obtener la componente cíclica es :

$$\frac{\lambda (1-L)^2 (1-L^{-1})^2}{1 + \lambda (1-L)^2 (1-L^{-1})^2} .$$

El coeficiente λ penaliza la variabilidad de la componente de tendencia de la serie. Con $\lambda=0$ no se distingue la serie de su tendencia y cuando λ tiende a infinito, la tendencia es lineal.

3.4.1. Valor del parámetro de suavidad.

Hodrick y Prescott (1997), sugieren el siguiente procedimiento probabilístico para la selección del valor del parámetro de suavidad λ . Si la componente cíclica y la segunda diferencia de la tendencia fueran variables independientes distribuidas, normales con media cero y variancias σ_1^2 y σ_2^2 , respectivamente, entonces:

$$\lambda = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}.$$

Estos autores recomiendan usar $\lambda=1,600$ para series de tiempo con periodicidad trimestral, $\lambda=14,400$ para series de tiempo con periodicidad mensual y $\lambda=100$ para series de tiempo con periodicidad anual.

Nótese que si la serie de tiempo esta expresada en logaritmos entonces la pendiente de la serie de tiempo es la tasa de crecimiento de la variable en cuestión.

3.4.2. Volatilidad, correlación contemporánea y cambio de fase.

El análisis empírico de los ciclos económicos se realizará analizando la *volatilidad*, la *correlación contemporánea* y el *cambio de fase* de cada una de las veinticuatro series de tiempo de las siguientes variables macroeconómicas: gastos de gobierno, consumo, inversión bruta, exportaciones, importaciones, los agregados monetarios nominales M1, M2, M3, M4, los agregados monetarios deflactados, M1 deflactado, M2 deflactado, M3 deflactado, M4 deflactado, las velocidades de los agregados monetarios, velocidad de M1, velocidad de M2, velocidad de M3, velocidad de M4, tipo de cambio, índice de precios implícitos, índice nacional de precios al consumidor (INPC), inflación, la tasa de

los certificados de la tesorería de la federación (CETES) y deuda pública respecto al producto interno bruto (PIB).

Dada una serie de tiempo V , el procedimiento para obtener su componente de tendencia secular y su componente cíclica es el siguiente:

- ∞ Se obtiene el logaritmo de la serie de tiempo V , el cual se denota por LV ;
- ∞ Se obtiene la componente de tendencia secular, la cual se denota por TV , dicha tendencia se obtiene al filtrar la serie de tiempo LV usando el filtro de Hodrick-Prescott;
- ∞ Se obtiene la componente cíclica, la cual se denota por DV , dicha componente se calcula realizando la diferencia LV menos TV . Es decir $DV=LV-TV$.

A continuación se describen los conceptos de volatilidad, correlación contemporánea y cambio de fase.

Volatilidad. La volatilidad de una variable macroeconómica y_t es la desviación estándar de su componente cíclica obtenida después de filtrar los datos. Indica en que medida una variable se aleja de su tendencia secular. También es útil saber si alguna variable es más volátil o menos volátil que el PIB, para ello se usa la desviación estándar relativa, la cual se define como el cociente de la desviación estándar de cualquier variable macroeconómica entre la desviación estándar del PIB.

Correlación contemporánea. Aquí, se analiza el grado de comovimiento de cada variable macroeconómica con el PIB. El grado de comovimiento de una variable macroeconómica y_t con el PIB x_t se mide por el coeficiente de correlación de Pearson, $\rho(0)$, entre la componente cíclica de la variable macroeconómica y_t y la componente cíclica del PIB x_t . El valor de este coeficiente se encuentra en el intervalo cerrado $[-1,1]$.

Una serie macroeconómica y_t se dice procíclica, acíclica o contracíclica con respecto al ciclo del PIB, si el coeficiente de correlación $\rho(0)$ es positivo, cero o negativo, respectivamente.

Cambio de fase. Se dice que existe un cambio de fase, si la componente cíclica de una variable macroeconómica cambia antes, al mismo tiempo o después que la componente cíclica del PIB. Si el cambio sucede antes, se dice que el ciclo de la variable esta *adelantado* con respecto al ciclo del PIB; si el cambio sucede al mismo tiempo, se dice que el ciclo de la variable es *coincidente o contemporáneo* con el ciclo del PIB, y si el cambio ocurre después, se dice que el ciclo de la variable esta *rezagado* con respecto al ciclo del PIB.

Para llevar a cabo el análisis del cambio de fase, se calculan los coeficientes de correlación de Pearson $\rho(j)$, $j \in \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$, entre las componentes cíclicas de cada una de las variables macroeconómicas y_t bajo estudio y la componente cíclica del PIB x_t . Se dice que el ciclo de la variable macroeconómica y_t esta adelantado j períodos con respecto al ciclo del PIB, si el valor absoluto de $\rho(j)$ es máximo para un j negativo; es coincidente o contemporáneo, si $|\rho(j)|$ es máximo para $j = 0$, y está rezagado j períodos con respecto al ciclo del PIB, si $|\rho(j)|$ es máximo para un j positivo (Agénor, McDermott y Prasad, 1998).

3.5. Dualidad entre el operador lineal óptimo y el filtro de Kalman.

El objetivo de la presente sección es, primero demostrar que resolver el problema de minimización al que conduce el filtro de Hodrick-Prescott es equivalente a resolver un problema del regulador lineal óptimo y, segundo, demostrar que resolver el problema del regulador lineal óptimo es equivalente a resolver el problema del filtrado de Kalman. De donde se concluye por transitividad que resolver el problema de minimización al que

conduce el filtro de Hodrick-Prescott es equivalente a resolver el problema del filtrado de Kalman. La demostración de la anterior equivalencia se puede consultar en González-Estrada (2000).

- 1) Resolver el problema de minimización al que conduce el filtro de Hodrick-Prescott es equivalente a resolver el problema dual del regulador lineal óptimo (González-Estrada, 2000).

Dado el valor de λ , resolver el siguiente problema de minimización

$$\text{Min}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T \left\{ (c_t)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\} \right\} \quad (1)$$

sujeto a: $y_t = g_t + c_t$. Es equivalente a maximizar:

$$\text{Máx}_{g_t} \left\{ - \sum_{t=1}^T (c_t)^2 \right\} + \lambda \text{Máx}_{g_t} \left\{ - \sum_{t=3}^T [\nabla g_t - \nabla g_{t-1}]^2 \right\} \quad (2)$$

donde $\nabla g_t = (1-L)g_t = g_t - g_{t-1}$. Para maximizar (2), basta obtener los siguientes máximos

$$\text{Máx}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T (c_t)^2 \right\} \quad (3)$$

$$\text{Máx}_{g_t} \left\{ \sum_{t=3}^T [\nabla g_t - \nabla g_{t-1}]^2 \right\} \quad (4)$$

A continuación se demuestra que el problema de maximizar (3), se puede expresar en la forma del problema del regulador lineal óptimo.

$$\text{Máx}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T (c_t)^2 \right\} = \text{Máx}_{g_t} \left\{ \sum_{t=1}^T [y_t, g_t] \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ g_t \end{bmatrix} \right\}. \quad (5)$$

De la misma manera se demuestra que el problema de maximizar (4), se puede expresar en la forma del problema del regulador lineal óptimo.

$$Máx_{g_t} \left\{ \sum_{t=3}^T [\nabla g_t - \nabla g_{t-1}]^2 \right\} = Máx_{g_t} \left\{ [\nabla g_t, \nabla g_{t-1}] \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla g_t \\ \nabla g_{t-1} \end{bmatrix} \right\}. \quad (6)$$

En resumen resolver el problema de minimización (1) es equivalente a resolver un problema del regulador lineal óptimo.

2) Resolver el problema dual del regulador lineal óptimo es equivalente a resolver el problema del filtrado de Kalman. La demostración correspondiente se encuentra en González-Estrada (2000).

3.6. Auges y recesiones de los ciclos económicos.

Para determinar los picos y valles de los ciclos económicos de la economía mexicana, se usará la componente cíclica del PIB real.

Dada la limitada disponibilidad de datos, se realiza el análisis en dos períodos. El primer período 1939-2003, para el cual se cuenta con datos de periodicidad anual y el segundo período 1980-2003, para el cual se cuenta con datos de periodicidad trimestral.

En cada uno de los períodos se identifican la duración de los ciclos y la duración de sus fases (contracción y expansión), la duración de una contracción es el tiempo transcurrido desde un pico a un valle consecutivo, la duración de una expansión es el tiempo transcurrido desde un valle a un pico consecutivo, la duración de un ciclo es el tiempo transcurrido desde un pico a un pico consecutivo, o desde un valle a un valle consecutivo. Se dice que los ciclos son periódicos si se repiten de manera consecutiva conservando la misma duración, tanto en su fase de contracción, como en su fase de expansión.

La metodología para determinar los picos y valles de los ciclos se fundamenta en la metodología que usan el National Bureau of Economic Research (NBER) y Harding and Pagan (2002).

Si c_t es la componente cíclica de una serie de tiempo, para datos anuales,

i) Se dice que la serie $\{c_t\}$ tiene un pico en c_t si se cumple que

$$c_{t-1} < c_t > c_{t+1}$$

ii) Se dice que la serie $\{c_t\}$ tiene un valle en c_t si se cumple que

$$c_{t-1} > c_t < c_{t+1}$$

Si c_t es la componente cíclica de una serie de tiempo, para datos trimestrales,

i) Se dice que la serie $\{c_t\}$ tiene un pico en c_t si se cumple que

$$c_{t-2} < c_t, c_{t-1} < c_t > c_{t+1}, c_t > c_{t+2}$$

ii) Se dice que la serie $\{c_t\}$ tiene un valle en c_t si se cumple que

$$c_{t-2} > c_t, c_{t-1} > c_t < c_{t+1}, c_t < c_{t+2}$$

En ambos casos, la regla de censura es:

- i) las fases de los ciclos (expansiones y contracciones) tienen una duración mínima de seis meses;
- ii) los ciclos tienen una duración mínima de quince meses;
- iii) si se tienen picos consecutivos se elige el mayor, y
- iv) si se tienen valles consecutivos se elige el menor.

3.7. Pruebas de raíz unitaria.

Una serie de tiempo se dice estacionaria si la media y la autocovariancia de la serie no dependen del tiempo. Una serie se dice integrada de orden d , lo cual se denota $I(d)$, si

después de d operaciones de diferencias, la serie es estacionaria. Las pruebas para investigar la estacionariedad de una serie de tiempo son:

1) Prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF): Dada una serie de tiempo y_t , la ecuación de regresión es:

$$\Delta y_t = \alpha + \delta y_{t-1} + \gamma \sum_{i=1}^p \Delta y_{t-i} + e_t$$

donde $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$.

La prueba Dickey-Fuller aumentada contrasta las siguientes hipótesis:

Ho: $\delta = 0$. La serie y_t tiene al menos una raíz unitaria; es decir, la serie y_t no es estacionaria;

Ha: $\delta \neq 0$. La serie y_t no tiene raíz unitaria; es decir, la serie y_t es estacionaria.

La regla de decisión es:

- i) Si el estadístico de prueba t es menor o igual que el valor crítico de Mackinnon a un nivel de significancia α , entonces se rechaza Ho y, por lo tanto, la serie y_t es estacionaria a un nivel de significancia α .
- ii) Si el estadístico de prueba t es mayor que el valor crítico de MacKinnon a un nivel de significancia α , entonces no se rechaza Ho y por lo tanto la serie y_t no es estacionaria a un nivel de significancia α .

2) Prueba Elliott-Rothenberg-Stock (ERS(DF-GLS)): Ho: la serie es I(1) y H1: la serie no es I(1).

La regla de decisión es: si el estadístico t_α es menor que el valor crítico a un nivel de significancia δ , se rechaza Ho, donde:

$$t_{\alpha} = \frac{\hat{\alpha}}{se(\hat{\alpha})}$$

$\hat{\alpha}$ es el estimador de α , $se(\hat{\alpha})$ es el error estándar.

3) Prueba Phillips-Perron (PP): Ho: la serie es I(1) y H1: la serie no es I(1).

La regla de decisión es: si el estadístico \tilde{t}_{α} es menor que el valor crítico a un nivel de significancia δ , se rechaza Ho, donde:

$$\tilde{t}_{\alpha} = t_{\alpha} \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{T(f_0 - \gamma_0)(se(\hat{\alpha}))}{2f_0^{\frac{1}{2}}s}$$

s es el error estándar de la regresión, γ_0 es un estimador consistente del error de varianza, f_0 es un estimador del espectro residual en frecuencia cero.

4) Prueba Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, y Shin (KPSS): Ho: la serie es I(0) y H1: la serie no es I(0).

La regla de decisión es: si el estadístico LM es menor que el valor crítico a un nivel de significancia δ , se acepta Ho, donde:

$$LM = \sum_t \frac{S(t)^2}{T^2 f_0}, \quad S(t) = \sum_{r=1}^t \hat{u}_r, \quad u_r = y_r - x_r' \delta(0).$$

5) Prueba Elliott-Rothenberg-Stock (ERS(OLS)): Ho: la serie es I(1) y H1: la serie no es I(1).

La regla de decisión es: si el estadístico P_T es menor que el valor crítico a un nivel de significancia δ , se rechaza Ho, donde:

$$P_T = (SSR(\bar{a}) - \bar{a}SSR(1)) / f_0, \quad SSR(a) = \sum \hat{\eta}_t^2(a), \quad \hat{\eta}_t(a) = d(y_t|a) - d(x_t|a)' \delta(a).$$

6) Prueba Ng-Perron (Ng-P): Ho: la serie es I(1) y H1: la serie no es I(1).

La regla de decisión es: si el estadístico MZ_α es menor que el valor crítico a un nivel de significancia δ , se rechaza Ho, donde:

$$MZ_\alpha^d = (T^{-1}(y_T^d)^2 - f_0) / 2\kappa, \quad \kappa = \sum_{t=2}^T (y_t^d - 1)^2 / T^2.$$

3.8. Prueba Breusch-Godfrey para autocorrelaciones de orden superior.

La prueba Breusch-Godfrey detecta la presencia de autocorrelaciones de órdenes superiores para modelos autorregresivos AR(p) o incluso para modelos ARMA(p,q) (Gujarati, 1995).

Por ejemplo; en un modelo autorregresivo de orden p, AR(p):

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_p u_{t-p} + \varepsilon_t$$

Las hipótesis nula y alternativa son las siguientes:

Ho: Para todo $i = 1, \dots, p$, $\rho_i = 0$. Es decir no existe autocorrelación de ningún orden.

Ha: Existe al menos un $i = 1, \dots, p$, para el cual $\rho_i \neq 0$. Es decir existe autocorrelación de algún orden.

Para probar las hipótesis anteriores, es necesario realizar el siguiente procedimiento:

- i) Se estima el modelo de regresión usando mínimos cuadrados ordinarios y se obtienen los residuales ε_t ;

ii) Se lleva a cabo la regresión de ε_t sobre los residuales $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-p}$ más

$$u_{t-1}, u_{t-2}, \dots, u_{t-p};$$

iii) Se calcula el valor de R^2 de la regresión realizada en (2);

iv) Breusch y Godfrey demostraron que:

$$(n-p)R^2 \sim \chi_p^2$$

donde n es el tamaño de la muestra.

v) Regla de decisión: Si el valor de $(n-p)R^2$ es mayor que $\chi_p^2(\alpha)$, entonces se rechaza H_0 , lo que es indicio de la existencia de autocorrelación con un nivel de significancia α .

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El período fundamental del presente análisis es 1987.I-2003.IV. Con respecto a él se comparan los otros cuatro períodos, 1980.I-1986.IV, 1987.I-1993.IV, 1939-1986, y 1987-2003, con el objetivo de identificar si persisten las mismas regularidades que en el período fundamental o si, por el contrario, hubo cambios.

4.1. El producto interno bruto y su componente secular fluctuante.

En la Figura 2, se presenta el Producto Interno Bruto (PIB) observado y su tendencia secular fluctuante durante el período 1987.I-2003.IV. En la Figura 3, se presenta el PIB observado y su tendencia secular fluctuante durante el período 1939-2003. En ambos casos, la tendencia secular fluctuante se obtuvo al filtrar la serie logaritmo del PIB, usando el filtro Hodrick-Prescott (1997).

Figura 2. Logaritmo del producto interno bruto observado y de su tendencia secular fluctuante, 1987.I-2003.IV.

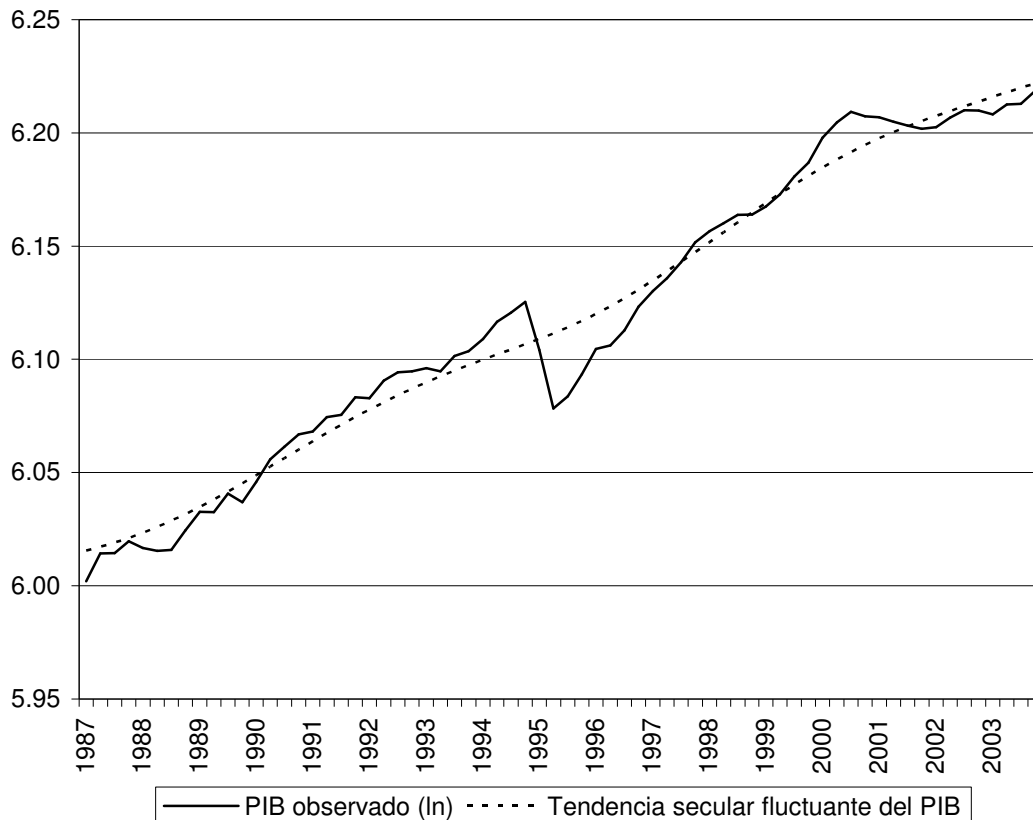
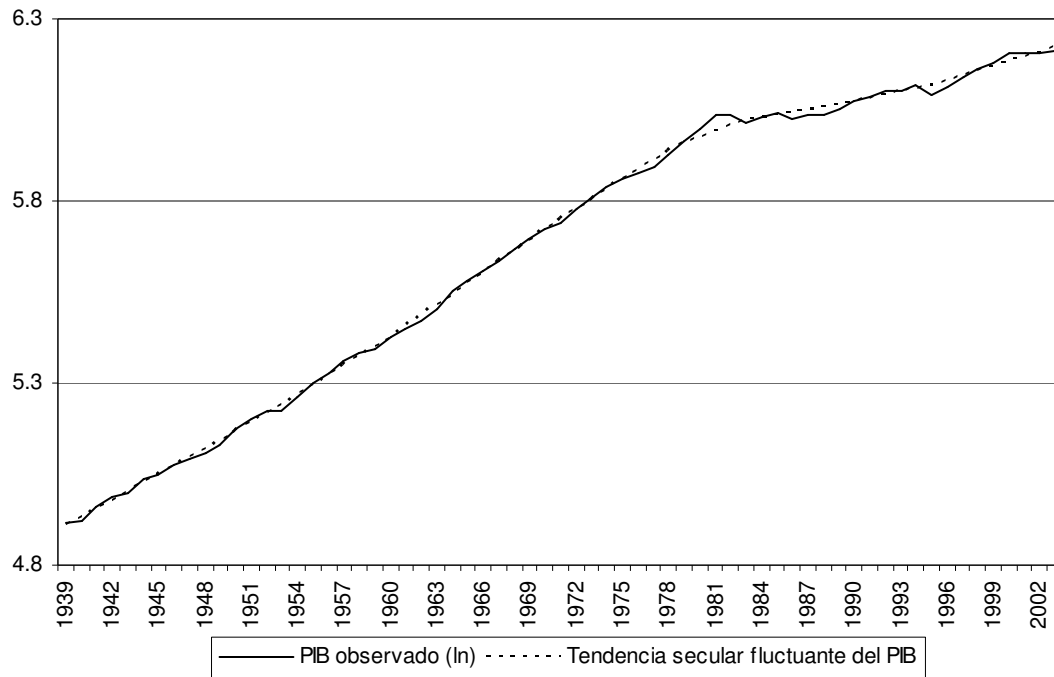


Figura 3. Logaritmo del producto interno bruto observado y de su tendencia secular fluctuante, 1939-2003.



4.2. Sensibilidad del componente cíclico del PIB ante los cambios en el valor del parámetro de suavización.

Para investigar la sensibilidad de la componente cíclica del PIB al valor del parámetro de suavización λ , se analiza en Cuadro 1, la desviación estándar, las autocorrelaciones hasta el orden 10 y la prueba de la raíz unitaria para la componente cíclica del PIB (Hodrick y Prescott, 1997).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 1. Desviación estándar y correlación serial de la componente cíclica del PIB para diferentes valores del parámetro de suavización, 1987.I-2003.IV.

	$\lambda = 400$	$\lambda = 1600$	$\lambda = 6400$	$\lambda \rightarrow \infty$
Desv. estándar	0.79%	0.98%	1.15%	1.26%
Autocorrelaciones				
Orden 1	0.730	0.810	0.850	0.870
Orden 2	0.340	0.530	0.630	0.670
Orden 3	0.007	0.270	0.410	0.480
Orden 4	-0.160	0.100	0.250	0.330
Orden 5	-0.220	-0.001	0.140	0.210
Orden 6	-0.280	-0.098	0.024	0.080
Orden 7	-0.240	-0.136	-0.050	-0.006
Orden 8	-0.190	-0.170	-0.120	-0.090
Orden 9	-0.120	-0.180	-0.180	-0.170
Orden 10	-0.120	-0.230	-0.260	-0.270
Prueba raíz unitaria	-2.900	-3.400	-2.920	-2.710

La prueba de la raíz unitaria permite decidir si una serie es o no estacionaria.

Se usará la prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF). Esta prueba se comenta con todo detalle en la sección 3.7 del Capítulo de Metodología. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico (reportado para la componente cíclica del PIB) de -2.90 al 5% , entonces la serie es estacionaria.

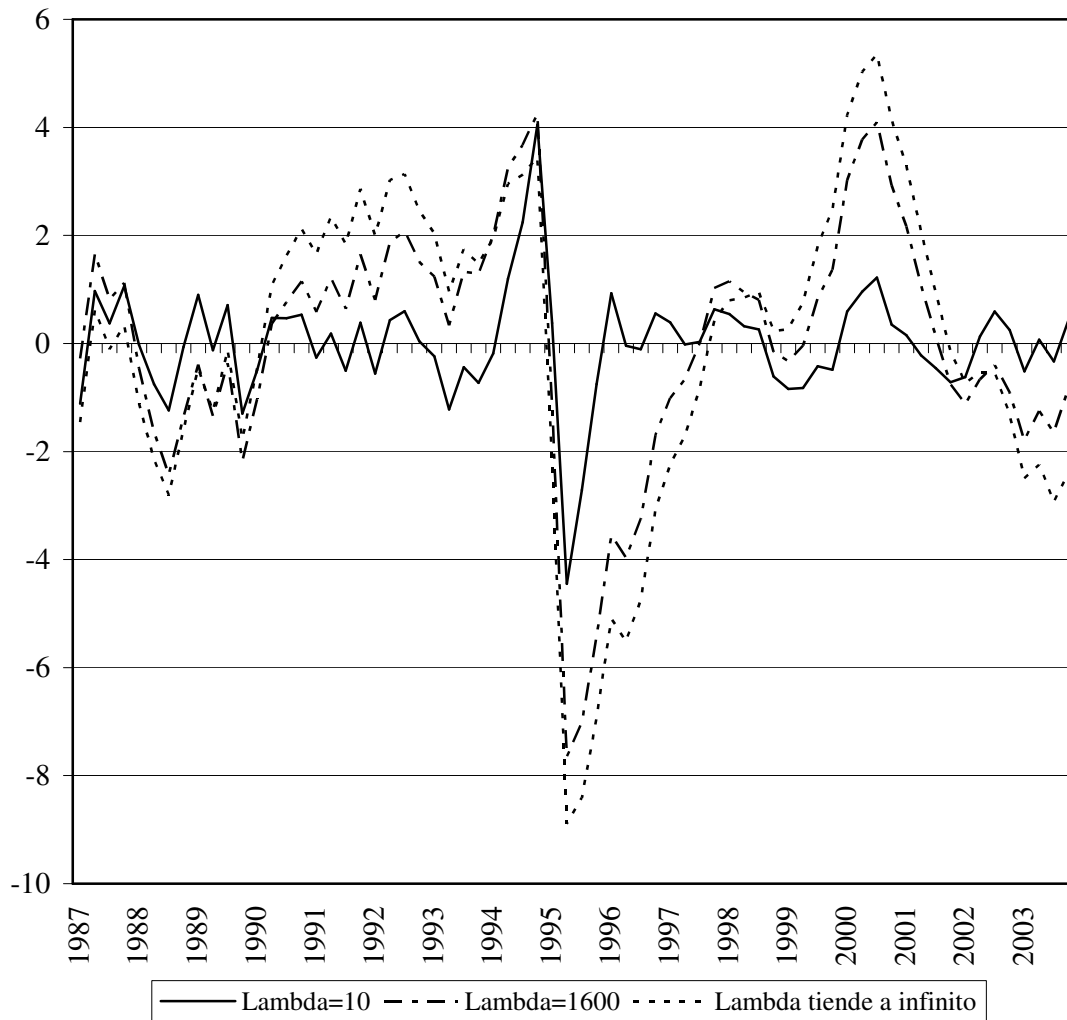
En el Cuadro 1, se observa que para los valores $\lambda = 400$, $\lambda = 1600$, $\lambda = 6,400$ la componente cíclica del PIB es estacionaria, y que cuando $\lambda \rightarrow \infty$ la componente cíclica del PIB no es estacionaria. Estos resultados coinciden con los reportados por Hodrick y Prescott (1997), para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II.

En el Cuadro 1 también se observa que cuando λ aumenta, la desviación estándar aumenta. Este resultado también coincide con lo reportado por Hodrick y Prescott (1997), para los Estados Unidos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la siguiente Figura se muestra el efecto del valor del parámetro de suavización λ , en la componente cíclica del PIB, durante el período 1987.I-2003.IV:

Figura 4. Componente cíclica del PIB para diferentes valores del parámetro de suavización, 1987.I-2003.IV.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.3. Variabilidad y covariabilidad.

La variabilidad de una serie de tiempo macroeconómica se mide por la desviación estándar de su componente cíclica (Hodrick y Prescott, 1997).

A continuación se presenta la matriz de variabilidad de las variables macroeconómicas de México:

Cuadro 2. Matriz de variabilidad.

Variable macroeconómica	Desv. est.	Desv. est. rel.
PIB	0.010	1.0
Gastos de gobierno	0.011	1.1
Consumo	0.013	1.3
Inversión bruta	0.038	3.8
Exportaciones	0.024	2.4
Importaciones	0.034	3.4
M1	0.055	5.5
M2	0.045	4.5
M3	0.037	3.7
M4	0.033	3.3
M1 deflactado	0.060	6.0
M2 deflactado	0.045	4.5
M3 deflactado	0.028	2.8
M4 deflactado	0.024	2.4
Velocidad de M1	0.055	5.5
Velocidad de M2	0.045	4.5
Velocidad de M3	0.026	2.6
Velocidad de M4	0.018	1.8
Tipo de cambio	0.065	6.5
Índice de precios implícitos	0.043	4.3
INPC	0.047	4.7
Inflación	0.280	28.0
CETES	0.140	14.0
Deuda pública	0.045	4.5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La covariabilidad de una serie de tiempo macroeconómica con respecto al PIB se mide mediante el coeficiente de correlación de la componente cíclica de la variable macroeconómica y la componente cíclica del PIB (Hodrick y Prescott, 1997). A continuación se presenta la matriz de covariabilidad de las variables macroeconómicas de México:

Cuadro 3. Matriz de correlaciones.

Variable macroeconómica	PIB
Gastos de gobierno	0.419
Consumo	0.926
Inversión bruta	0.941
Exportaciones	-0.194
Importaciones	0.764
M1	0.392
M2	-0.226
M3	-0.096
M4	0.042
M1 deflactado	0.589
M2 deflactado	0.085
M3 deflactado	0.373
M4 deflactado	0.642
Velocidad de M1	-0.468
Velocidad de M2	0.129
Velocidad de M3	-0.034
Velocidad de M4	-0.314
Tipo de cambio	-0.629
Indice de precios imp.	-0.338
INPC	-0.298
Inflación	-0.407
CETES	-0.513
Deuda pública	-0.597

Una variable macroeconómica podría estar asociada con el PIB, el PIB adelantado o el PIB rezagado. Una medida de asociación de una variable macroeconómica con el PIB, adelantado o rezagado es el valor de la R^2 para la regresión. Es decir:

$$c_{jt} = \alpha_j + \sum_{i=-2}^2 \beta_{ji} PIB_{t-i}$$

donde c_{jt} es la componente cíclica de la serie macroeconómica j (Hodrick y Prescott, 1997). En el presente trabajo en lugar de R^2 se usa R^2 -ajustada, debido a que la R^2 -ajustada toma en cuenta el número de parámetros del modelo de la regresión (ver Cuadro 4).

Para medir la estabilidad de una serie de tiempo macroeconómica, se usará el cociente de la suma de cuadrados de la regresión parcial anterior entre la suma de cuadrados de la regresión total. Es decir, si se denota el cociente de la estabilidad por CE , la fórmula es:

$$CE = \frac{SCR_{parcial}}{SCR_{total}}$$

(ver Cuadro 4). Nótese que CE es un número entre 0 y 1. Si es igual a 1, significa que la ecuación que mejor modela, es la misma para la primera y la segunda mitad de la muestra (Hodrick y Prescott, 1997).

Se elige este estadístico de estabilidad, en lugar de alguna prueba de F, por dos razones. Primero, el supuesto de que los residuales no están correlacionados, no se cumple aquí. Segundo, si acaso fuesen no correlacionados, sería muy difícil deducir la magnitud de la inestabilidad a partir de la prueba de F (Hodrick y Prescott, 1997).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 4. Matriz de asociación y estabilidad.

Variable macroeconómica	R^2 -ajustada	Cociente de estabilidad
Gastos de gobierno	0.217	0.269
Consumo	0.878	0.856
Inversión bruta	0.897	0.873
Exportaciones	0.000	0.061
Importaciones	0.635	0.549
M1	0.093	0.161
M2	0.000	0.073
M3	0.000	0.053
M4	0.000	0.060
M1 deflactado	0.339	0.389
M2 deflactado	0.008	0.086
M3 deflactado	0.166	0.230
M4 deflactado	0.469	0.510
Velocidad de M1	0.206	0.267
Velocidad de M2	0.002	0.080
Velocidad de M3	0.000	0.072
Velocidad de M4	0.105	0.172
Tipo de cambio	0.453	0.479
Índice de precios imp.	0.142	0.206
INPC	0.118	0.184
Inflación	0.121	0.185
CETES	0.348	0.377
Deuda pública	0.475	0.494

4.3.1. Los componentes cíclicos de la demanda agregada.

Entre las variables macroeconómicas: gastos de gobierno, consumo privado, inversión bruta y exportaciones, la que tiene mayor variabilidad es la inversión bruta (3.8), seguida de las exportaciones (2.4).

La inversión bruta es casi cuatro veces más variable que el PIB.

Los gastos de gobierno tienen una variabilidad de 1.1 y el consumo privado de 1.3. Estos dos casi tienen la misma variabilidad que el PIB (Cuadro 2).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Estos resultados coinciden con los reportados por Hodrick y Prescott (1997), para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II.

La covariabilidad de la inversión bruta es: 0.941 y la del consumo privado: 0.926. Ambas exhiben una covariabilidad mayor que la de los gastos del gobierno.

Estos resultados coinciden con los reportados por Hodrick y Prescott (1997), para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II.

Por otra parte, la covariabilidad de las exportaciones es negativa (-0.194) (Cuadro 3).

Las componentes de la demanda agregada que están más asociadas con el PIB son: la inversión bruta (0.897) y el consumo privado (0.878) (Cuadro 4).

Estos resultados también coinciden con los reportados por Hodrick y Prescott (1997), para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II.

En las Figuras 7-10, se presentan los componentes cíclicos de la demanda agregada y del PIB, para el período 1987.I-2003.IV:

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los componentes cíclicos de la demanda agregada.

Figura 5. CONSUMO

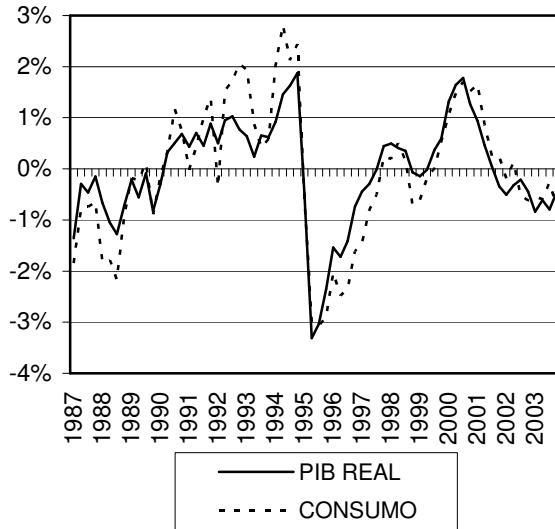


Figura 6. INVERSIÓN

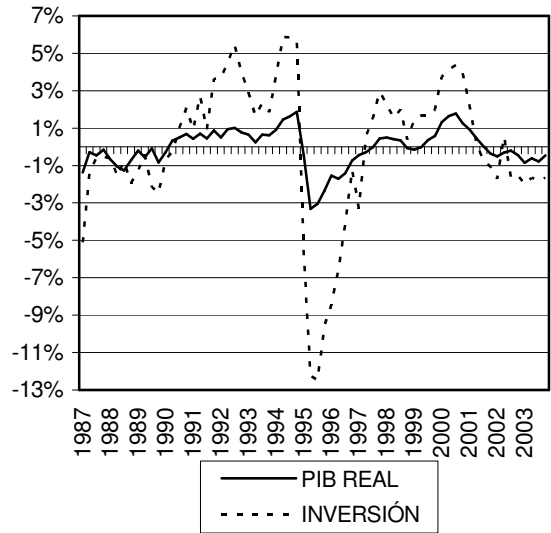


Figura 7. GASTOS DE GOBIERNO

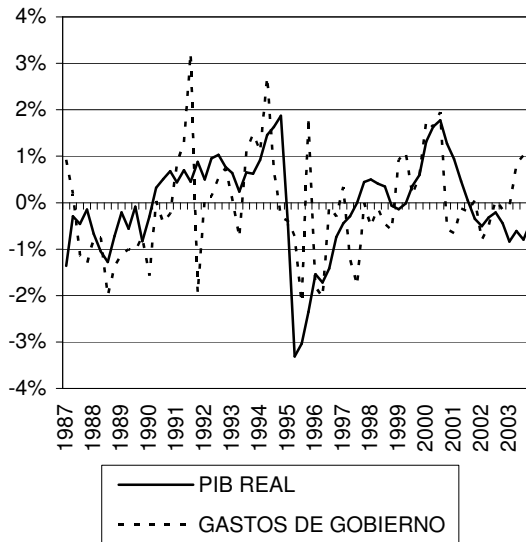
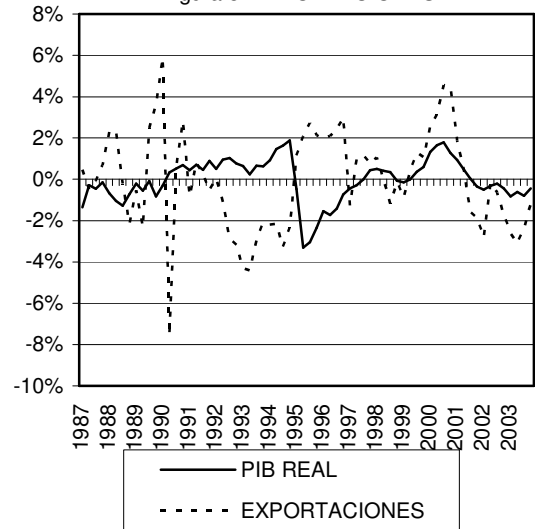


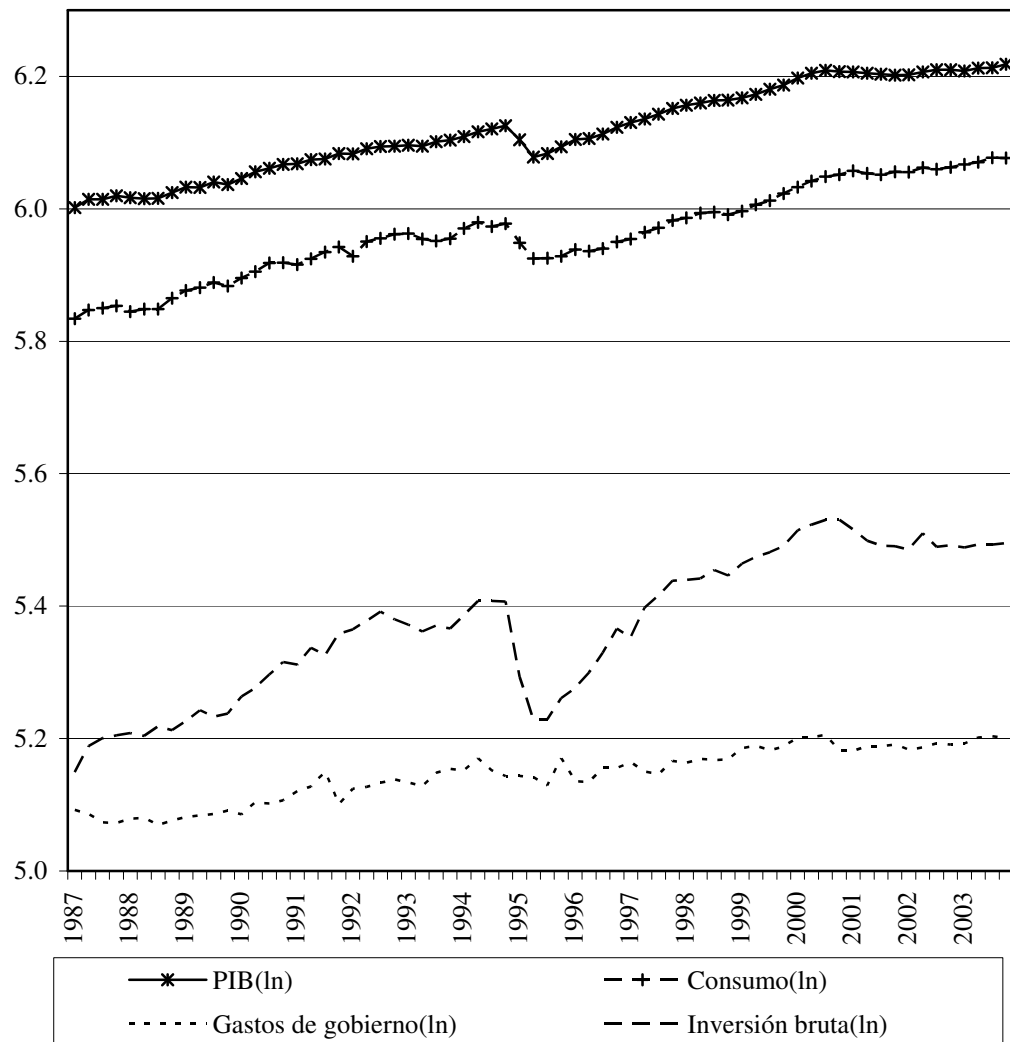
Figura 8. EXPORTACIONES



4.3.2. Los componentes cíclicos de las variables macroeconómicas de México.

En la Figura 9 se presentan las gráficas del PIB observado y sus componentes macroeconómicas, antes de realizar el filtrado. Todas estas variables macroeconómicas tienen como año base 1993:

Figura 9. El PIB y sus componentes, 1987.I-2003.IV, 1993=100.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las gráficas de las componentes cíclicas del consumo, inversión bruta, gastos de gobierno y exportaciones se encuentran de manera separada en las Figuras 5-8, y también sus respectivos comentarios sobre variabilidad, covariabilidad y asociación con el PIB.

De las componentes cíclicas del PIB, las que tienen la mayor variabilidad son la inversión bruta (3.8) y las importaciones (3.4), (ver Figura 6 y Cuadro 2).

Dado que la covariabilidad de la inversión bruta es 0.941 y la covariabilidad de las importaciones es (0.764) (Cuadro 3), se concluye que la inversión bruta y las importaciones son las que más contribuyen a la variabilidad del PIB.

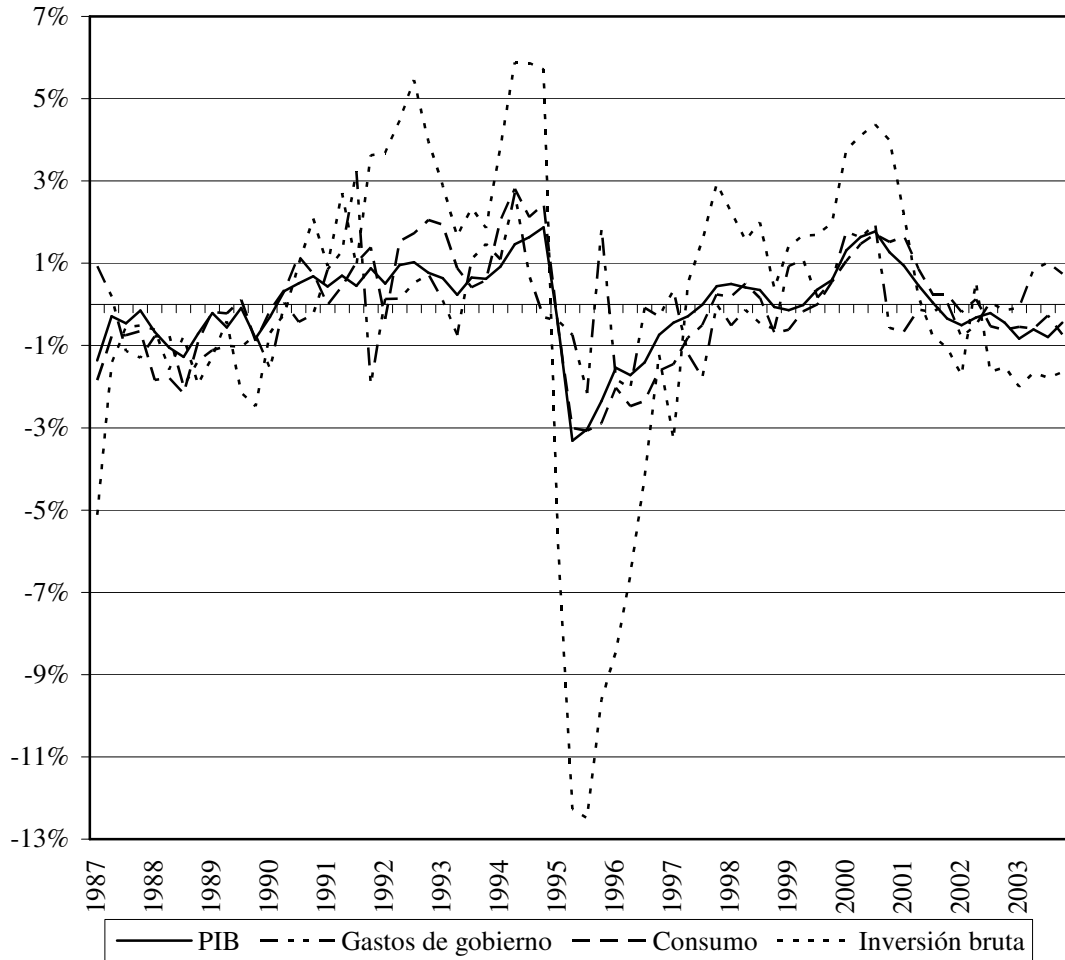
Entre las componentes cíclicas del PIB, las que tienen la mayor covariabilidad son la inversión bruta (0.941) (Cuadro 3) y el consumo (0.926). Es decir, la inversión bruta y el consumo son las componentes que están más correlacionadas con el PIB.

En el Cuadro 4, se observa que la mayor asociación de las componentes cíclicas del PIB, con el PIB adelantado o rezagado, las tienen la inversión bruta (0.897) y el consumo (0.878). De la misma manera se concluye, que la mayor estabilidad para el período de muestra, la tienen la inversión bruta (0.873) y el consumo (0.856).

Los resultados anteriores coinciden con los reportados por Hodrick y Prescott (1997), para la economía de Estados Unidos, durante el período 1950.I-1979.II.

La Figura 10, presenta de manera conjunta las componentes cíclicas de cuatro variables macroeconómicas. Se observa, inmediatamente que la inversión bruta tiene la mayor volatilidad y que esta ocurre en 1995, fecha en la cual se presenta la crisis económica más severa de la historia moderna de México.

Figura 10. Componentes cíclicos de Y, C, I y G,
1987.I-2003.IV.



4.3.3. Los componentes cíclicos de las variables monetarias y de los precios.

Dada la importancia que los shocks monetarios han tenido por muchos años como los candidatos principales para impulsar los ciclos económicos, parece apropiado examinar el comportamiento cíclico de los agregados monetarios y precios (Kydland y Prescott, 1990).

Los agregados monetarios nominales M1 (5.5) y M2 (4.5) tienen aproximadamente la misma variabilidad y son aproximadamente cinco veces más variables que el PIB, lo mismo sucede para la variabilidad de sus correspondientes velocidades, VM1 (5.5) y

VM2 (4.5). El agregado monetario deflactado M1 (6.0) es más variable que el agregado monetario deflactado M2 (4.5) (Cuadro 2).

La covariabilidad del agregado monetario M1 es positiva (0.392) y negativa para el agregado M2 (-0.226) (Cuadro 3).

Resultados similares obtuvieron Agénor, McDermott y Prasad (1998), para la covariabilidad de M2 y del PIB de la economía mexicana durante el período 1978.I-1995.IV.

El valor 0.093 de R^2 -ajustada para el agregado M1, indica que el 9.3% de la variación del agregado M1 es explicada por los predictores $PIB_{t-2}, PIB_{t-1}, PIB_t, PIB_{t+1}, PIB_{t+2}$ (Cuadro 4).

Con base en las evidencias anteriores se puede concluir que no existe prácticamente ninguna asociación entre el PIB real y los cambios en la base monetaria (M1).

Conclusión análoga fue obtenida por Espinoza y González-Estrada (2003).

El índice nacional de precios al consumidor (4.7) es aproximadamente cinco veces más variable que el PIB (1.0) (Cuadro 2). Su covariabilidad es negativa (-0.298) y el valor 0.118 de R^2 -ajustada, indica que el 11.8% de la variación de el índice nacional de precios al consumidor es explicada por los predictores $PIB_{t-2}, PIB_{t-1}, PIB_t, PIB_{t+1}, PIB_{t+2}$ (Cuadros 3 y 4).

La variabilidad de la inflación es 28 veces mayor que la variabilidad del PIB (Cuadro 2).

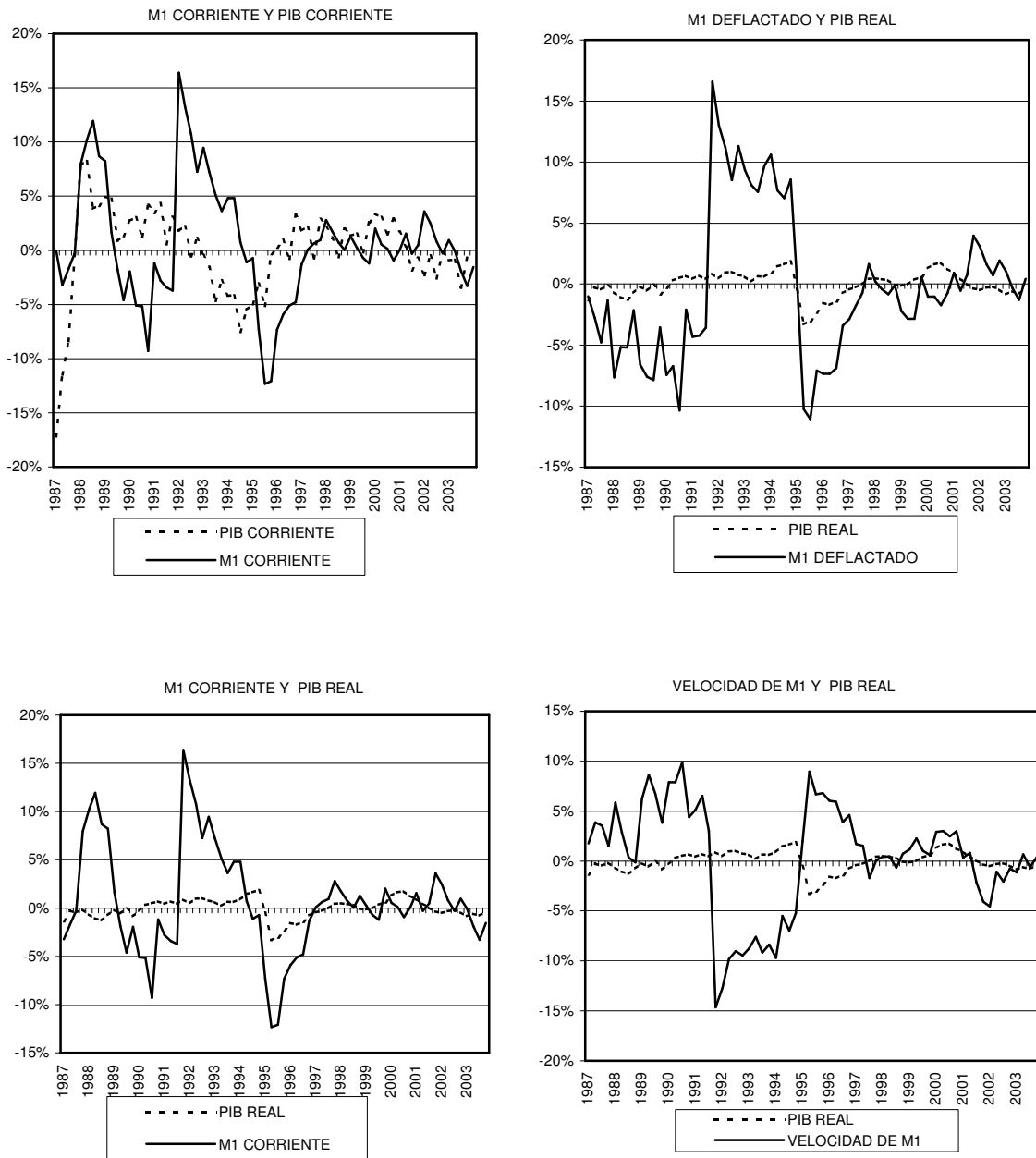
La covariabilidad de la inflación es negativa (-0.407) (Cuadro 3).

Resultados similares obtuvieron Agénor, McDermott y Prasad (1998), para la covariabilidad de la inflación y del PIB industrial de la economía mexicana durante el período 1978.I-1995.IV.

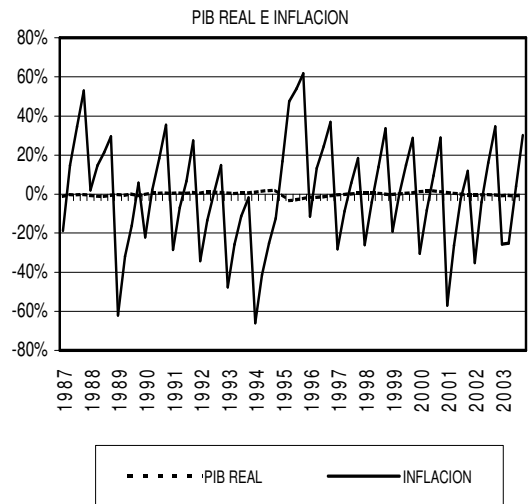
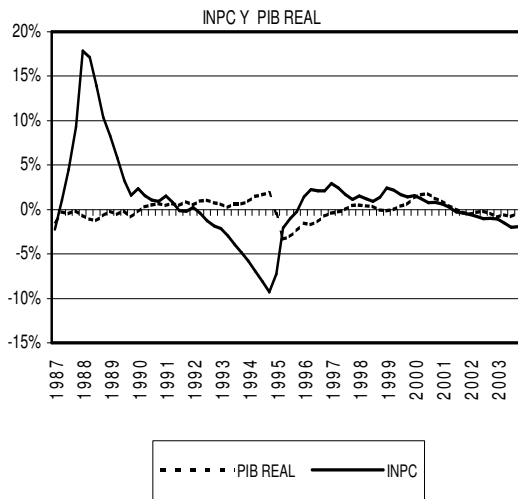
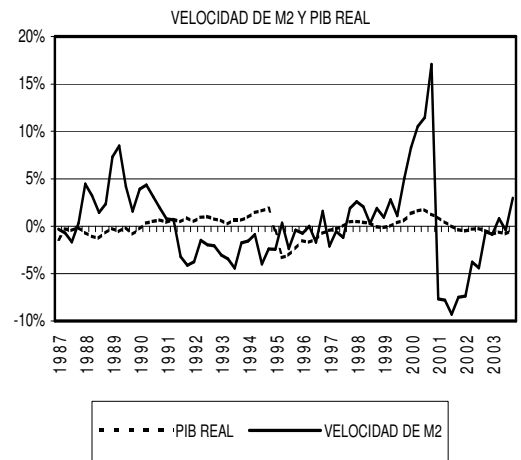
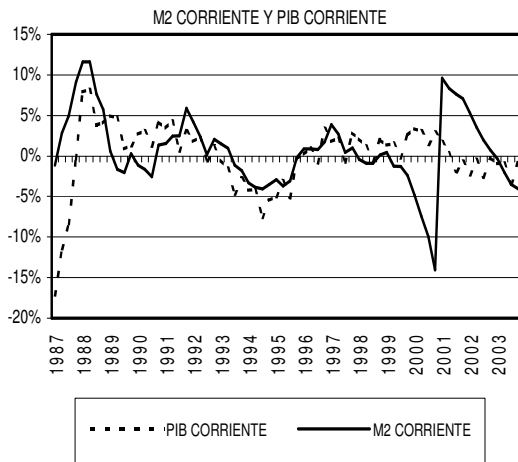
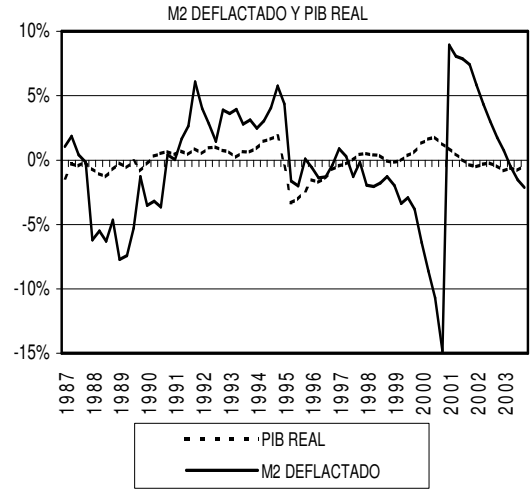
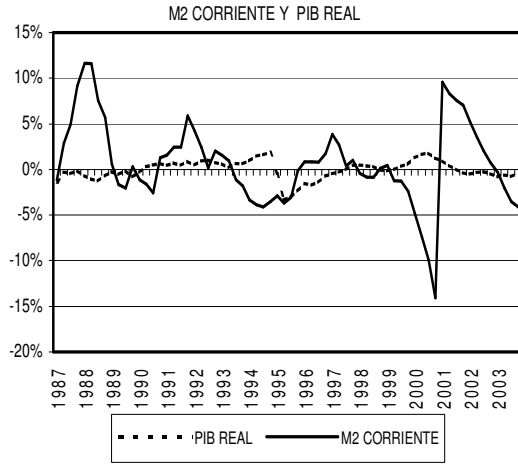
ANÁLISIS DE RESULTADOS

El valor 0.121 de R^2 -ajustada para la inflación, indica que el 12.1% de la variación de la inflación es explicada por los predictores $PIB_{t-2}, PIB_{t-1}, PIB_t, PIB_{t+1}, PIB_{t+2}$ (Cuadro 4).

Figura 11. Los componentes cíclicos de las variables monetarias y de los precios, 1987.I-2003.IV.



ANÁLISIS DE RESULTADOS



4.4. Análisis de correlación cruzada (prociclicidad).

Usando veintitres series de tiempo de variables macroeconómicas, con datos de periodicidad trimestral del período 1987-2003, se obtienen: la matriz de correlaciones cruzadas (Cuadro 5) y la matriz de desviaciones estándar relativas (Cuadro 2 y la Figura 12).

El análisis usó la información obtenida en los Cuadros 2 y 5 y en la Figura 12.

En la Figura 12 se presenta las correlaciones cruzada del PIB adelantado y rezagado ocho trimestres con las diferentes variables macroeconómicas, durante el período 1987.I-2003.IV. La ventaja de este tipo de presentación es que visualmente se identifica si la variable macroeconómica es procíclica, anticíclica, acíclica, así como el número de trimestres de adelanto o rezago del ciclo de la variable macroeconómica con respecto al ciclo del PIB. Además de proporcionar los valores numéricos de las correlaciones cruzadas.

Por ejemplo, en la Figura 12 inmediatamente se ve que el ciclo de la variable gastos de gobierno es procíclico (0.419) y que su ciclo está rezagado un trimestre con respecto al ciclo del PIB; es decir un incremento en los gastos de gobierno no incrementa el PIB.

De manera análoga, se observa que el ciclo del consumo es procíclico (0.926) y contemporáneo al ciclo del PIB.

El ciclo de la inversión bruta es procíclico (0.941) y contemporánea al ciclo de PIB.

El ciclo de las exportaciones es anticíclico (-0.194) y su ciclo esta adelantado cinco trimestres con respecto al ciclo del PIB.

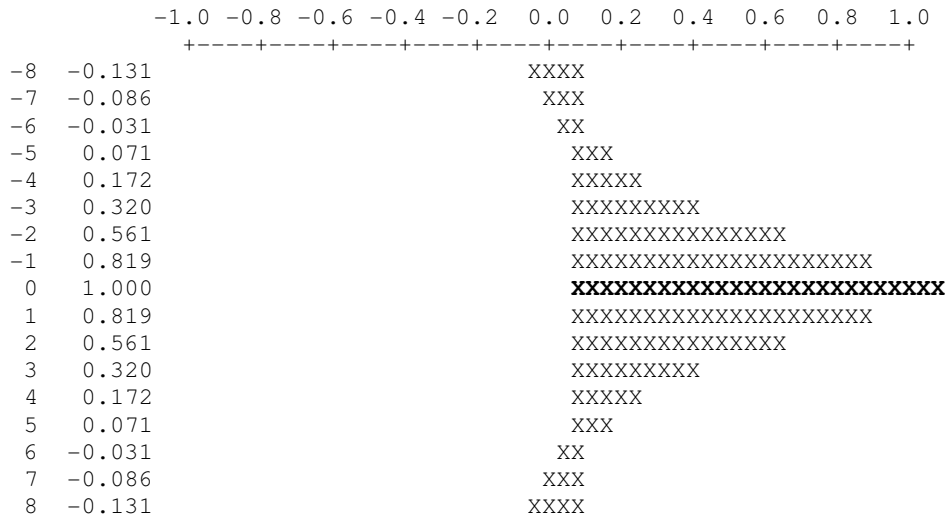
El ciclo de las importaciones es procíclico (0.764) y contemporáneo al ciclo del PIB.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

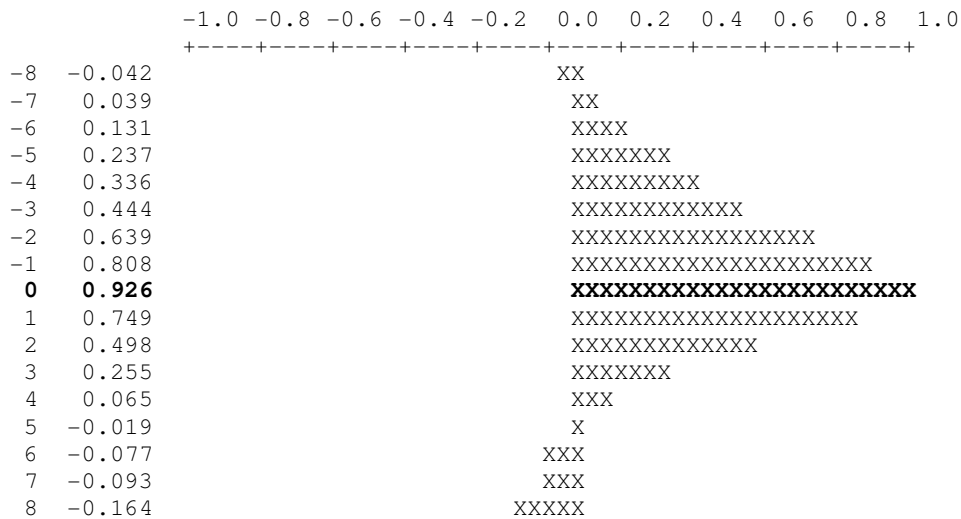
Figura 12.

Correlaciones cruzadas del PIB adelantado y rezagado ocho trimestres con las diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-2003.IV.

PIB



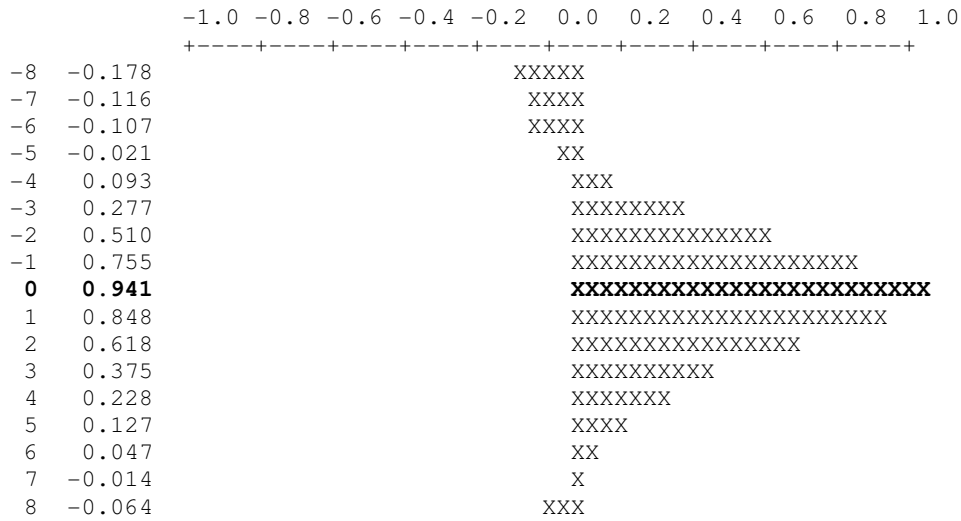
CONSUMO.



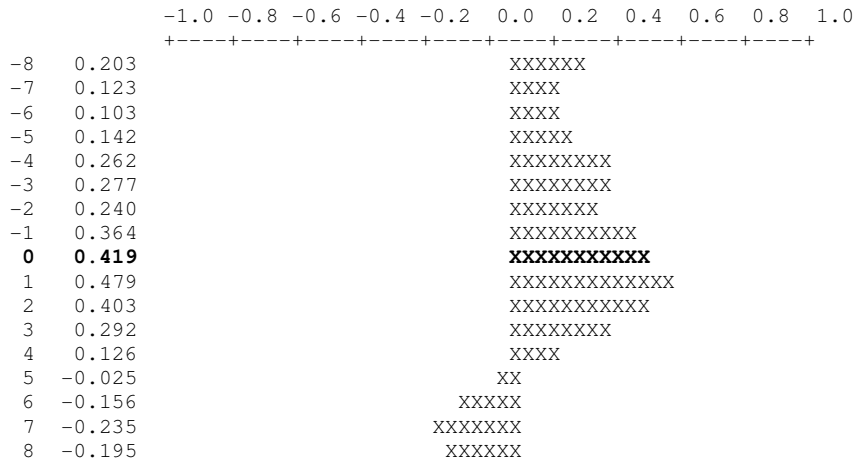
Nota: Resultados similares para las demás variables macroeconómicas se presentan en el Anexo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

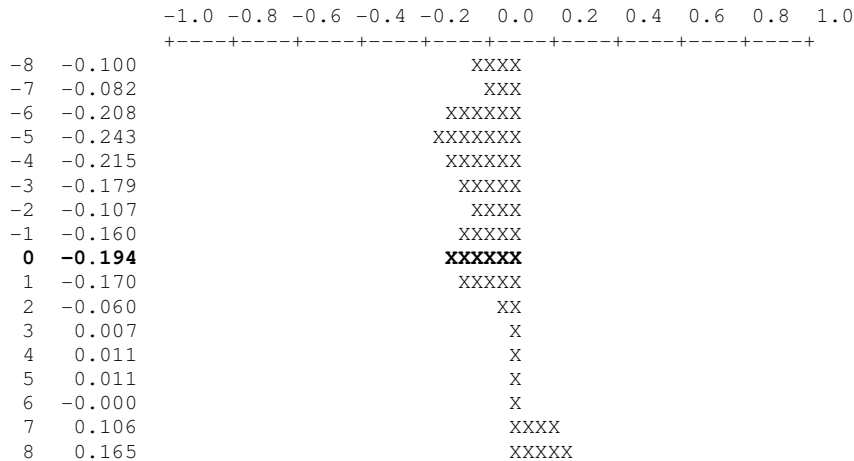
INVERSIÓN BRUTA.



GASTOS DE GOBIERNO.

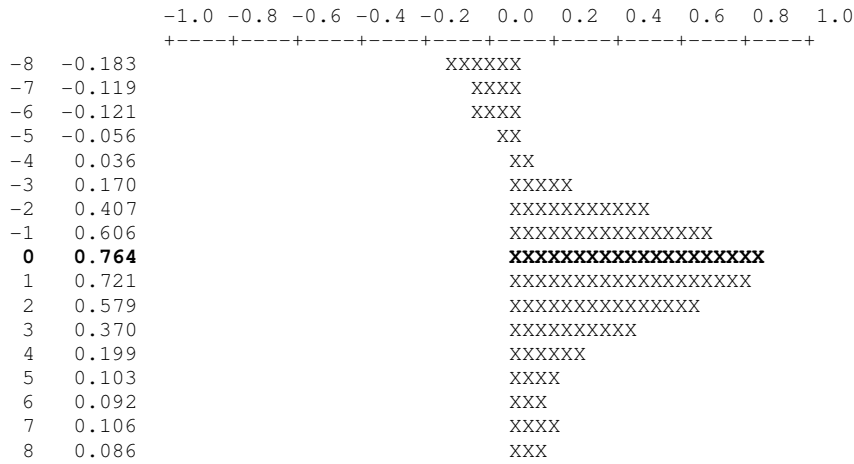


EXPORTACIONES.

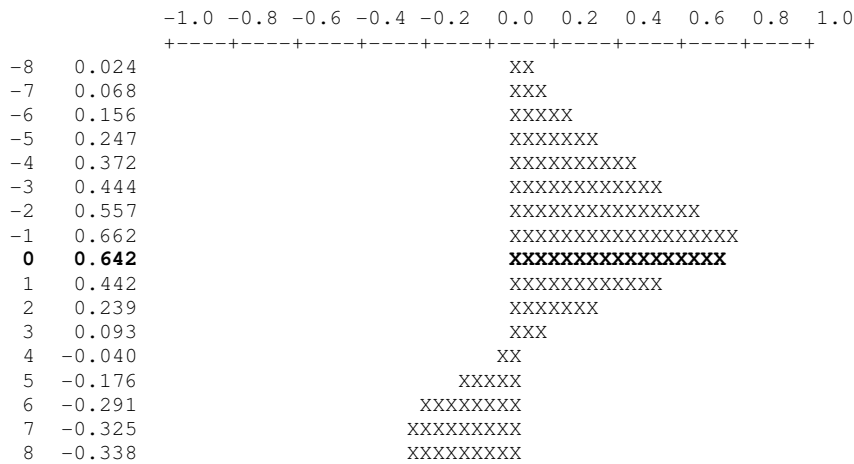


ANÁLISIS DE RESULTADOS

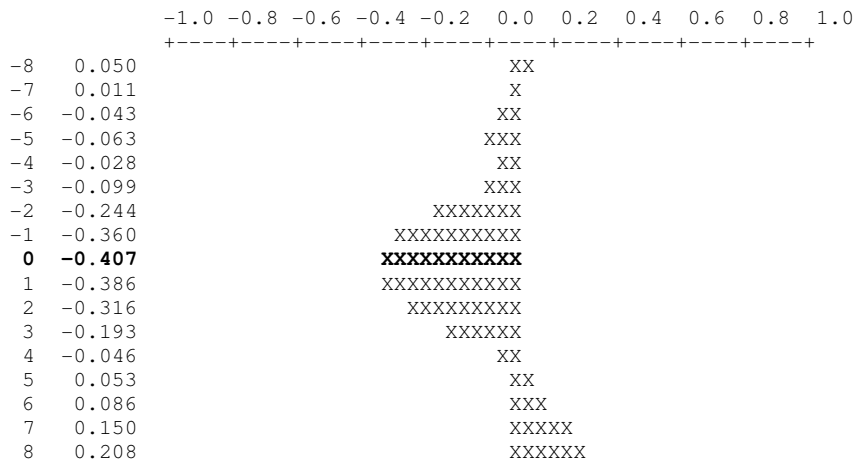
IMPORTACIONES.



M4 DEFLACTADA.



INFLACIÓN.



4.5. Correlaciones cruzadas de los componentes cíclicos.

En el Cuadro 5, se observa que durante el período 1987.I-2003.IV, entre las veintitres variables macroeconómicas analizadas la que tiene la más fuerte correlación positiva con el ciclo del PIB es la inversión bruta (0.941). Resultados similares sobre la inversión obtuvieron Kydland y Prescott (1990), para la economía de Estados Unidos, durante el período 1950.I-1979.II.

Por el contrario, la variable macroeconómica que tiene la más fuerte correlación negativa con el PIB, es el tipo de cambio (-0.629) y la variable cuyo ciclo menos influye en el ciclo del PIB es el agregado monetario M4.

Las variables cuyo ciclo está más adelantado, (es decir las variables macroeconómicas cuyo ciclo liderea el ciclo del PIB) con respecto al ciclo del PIB son las exportaciones, los agregados monetarios M3 y M4, el índice de precios implícitos, el índice nacional de precios al consumidor. Las variables cuyo ciclo esta más rezagado con respecto al ciclo del PIB son los gastos de gobierno, el agregado monetario M2, los certificados de la tesorería de la federación y la deuda pública.

El consumo privado, la inversión bruta, los gastos de gobierno y las importaciones son procíclicos. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990), para la economía de Estados Unidos, durante el período 1950.I-1979.II.

Por el contrario, las exportaciones son anticíclicas.

El agregado monetario nominal M1 es procíclico. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990), para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El agregado monetario nominal M2 es anticíclico. El agregado M3 es anticíclico. El agregado M4 es procíclico. De los cuatro agregados monetarios el más volátil es M1 y el menos volátil es M4. Los agregados monetarios deflactados M1, M2, M3 y M4 son procíclicos. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990), para la economía de Estados Unidos, durante el período 1950.I-1979.II.

Las velocidades de los agregados monetarios M1, M3 y M4, son contracíclicas y la velocidad de M2 es procíclica. Resultados similares obtuvieron Agénor, McDermott y Prasad (1998), para la velocidad de M2 con respecto al PIB industrial de la economía mexicana durante el período 1978.I-1995.IV.

Por último, el índice nacional de precios al consumidor es anticíclico y los Certificados de la Tesorería de la Federación y la deuda pública son anticíclicos. En el Cuadro 2, se observa que la mayor volatilidad la tienen la inflación (28) y los CETES (14), y la menor, los gastos de gobierno (1.1) y el consumo privado (1.3).

Cuadro 5. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-2003.IV.

Variable macroeconómica	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)
Gastos de gobierno	0.262	0.277	0.240	0.364	0.419	0.479	0.403	0.292	0.126
Consumo	0.336	0.444	0.639	0.808	0.926	0.749	0.498	0.255	0.065
Inversión bruta	0.093	0.277	0.510	0.755	0.941	0.848	0.618	0.375	0.228
Exportaciones	-0.215	-0.179	-0.107	-0.160	-0.194	-0.170	-0.060	0.007	0.011
Importaciones	0.036	0.170	0.407	0.606	0.764	0.721	0.579	0.370	0.199
M1	0.072	0.107	0.207	0.306	0.392	0.363	0.330	0.280	0.201
M2	-0.018	-0.090	-0.155	-0.213	-0.226	-0.237	-0.174	-0.083	0.010
M3	-0.231	-0.214	-0.171	-0.127	-0.096	-0.121	-0.066	0.025	0.110
M4	-0.278	-0.219	-0.124	-0.023	0.042	0.043	0.099	0.173	0.215
M1 deflactado	0.367	0.395	0.479	0.555	0.589	0.482	0.341	0.197	0.048
M2 deflactado	0.386	0.309	0.233	0.156	0.085	-0.034	-0.121	-0.161	-0.170
M3 deflactado	0.343	0.357	0.396	0.426	0.373	0.167	0.002	-0.091	-0.143
M4 deflactado	0.372	0.444	0.557	0.662	0.642	0.442	0.239	0.093	-0.040
Velocidad de M1	-0.357	-0.368	-0.404	-0.437	-0.468	-0.407	-0.307	-0.183	-0.050
Velocidad de M2	-0.331	-0.231	-0.087	0.051	0.129	0.179	0.200	0.199	0.172
Velocidad de M3	-0.281	-0.255	-0.179	-0.105	-0.034	0.071	0.138	0.167	0.162
Velocidad de M4	-0.354	-0.390	-0.372	-0.358	-0.314	-0.221	-0.116	-0.027	0.060
Tipo de cambio	-0.370	-0.435	-0.502	-0.553	-0.629	-0.587	-0.411	-0.211	-0.039
Ind. precios implícitos	-0.404	-0.395	-0.384	-0.367	-0.338	-0.245	-0.098	0.037	0.148
INPC	-0.385	-0.380	-0.371	-0.353	-0.298	-0.194	-0.052	0.074	0.171
Inflación	-0.028	-0.099	-0.244	-0.360	-0.407	-0.386	-0.316	-0.193	-0.046
CETES	-0.038	-0.101	-0.190	-0.297	-0.513	-0.586	-0.507	-0.368	-0.173
Deuda pública	-0.163	-0.279	-0.376	-0.452	-0.597	-0.669	-0.606	-0.429	-0.239

4.6. Pruebas de estacionariedad.

Las funciones de respuesta al impulso estudian la respuesta de la variable dependiente en el sistema de vectores autoregresivos (VAR) al impacto de un *shock* de una desviación estándar en los términos aleatorios de error (llamados *impulsos o innovaciones*), durante diversos períodos en el futuro.

Para estudiar las funciones de respuesta al impulso es necesario que todas las variables involucradas en el proceso de vectores autoregresivos sean estacionarias (Gujarati, 1997). Por lo tanto, para cada una de las variables macroeconómicas analizadas primero se obtuvo su primera diferencia y a esta se le aplicó la prueba *Dickey-Fuller aumentada*, para verificar si la serie es estacionaria o no.

Los resultados indican que las primeras diferencias de todas las variables macroeconómicas, y de sus logaritmos son estacionarias.

Después, se modeló un proceso autoregresivo de orden seis para el PIB con innovación en la variable macroeconómica que recibirá el *shock* positivo de una desviación estándar. Para determinar el orden del rezago se usó el criterio de información de Akaike.

A continuación se presentan las pruebas de estacionariedad para cada una de las variables macroeconómicas.

Pruebas de estacionariedad

PIB				
ADF Test Statistic	-5.129253	1%	Critical Value*	-3.5328
		5%	Critical Value	-2.9062
		10%	Critical Value	-2.5903

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONSUMO

ADF Test Statistic	-4.789840	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

INVERSIÓN BRUTA

ADF Test Statistic	-5.931859	1% Critical Value*	-3.5312
		5% Critical Value	-2.9055
		10% Critical Value	-2.5899

GASTOS DE GOBIERNO

ADF Test Statistic	-8.870232	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

EXPORTACIONES

ADF Test Statistic	-6.950851	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

IMPORTACIONES

ADF Test Statistic	-4.731643	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

M1

ADF Test Statistic	-4.551302	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

ANÁLISIS DE RESULTADOS

TIPO DE CAMBIO

ADF Test Statistic	-5.012424	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

INFLACIÓN

ADF Test Statistic	-8.653293	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

DEUDA PÚBLICA

ADF Test Statistic	-5.088768	1% Critical Value*	-3.5328
		5% Critical Value	-2.9062
		10% Critical Value	-2.5903

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede observar que para todas las variables macroeconómicas el valor del estadístico de prueba es menor que el valor crítico con un nivel de significancia $\alpha = 1\%$. Por lo tanto, la primera diferencia de todas las series macroeconómicas es estacionaria a un nivel de significancia del 1%; es decir, las variables macroeconómicas son variables integradas de orden 1, lo cual se denota por I(1).

Después de aplicar las pruebas de raíz unitaria, Elliot-Rothenberg-Stock (ERS), Phillips-Perron (P-P), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS), Elliot-Rothenberg-Stock (ERS), y Ng-Perron (Ng-P) a la primera diferencia de cada una de las variables macroeconómicas, también se concluyó que la primera diferencia de todas las variables macroeconómicas es estacionaria a un nivel de significancia del 1%, como se muestra en

ANÁLISIS DE RESULTADOS

el Cuadro 6. Es decir, las variables macroeconómicas son I(1), variables cointegradas de orden 1.

Cuadro 6. Pruebas de raíz unitaria, de la primera diferencia de las variables macroeconómicas*.

Var. Macro.	Dickey-Fuller Aumentada	Elliot-Rothenberg-Stock	Phillips-Perron	Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin	Elliot-Rothenberg-Stock	Ng-Perron
PIB	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
Consumo	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
Inversión	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
Gastos de gob.	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
Exportaciones	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
Importaciones	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)

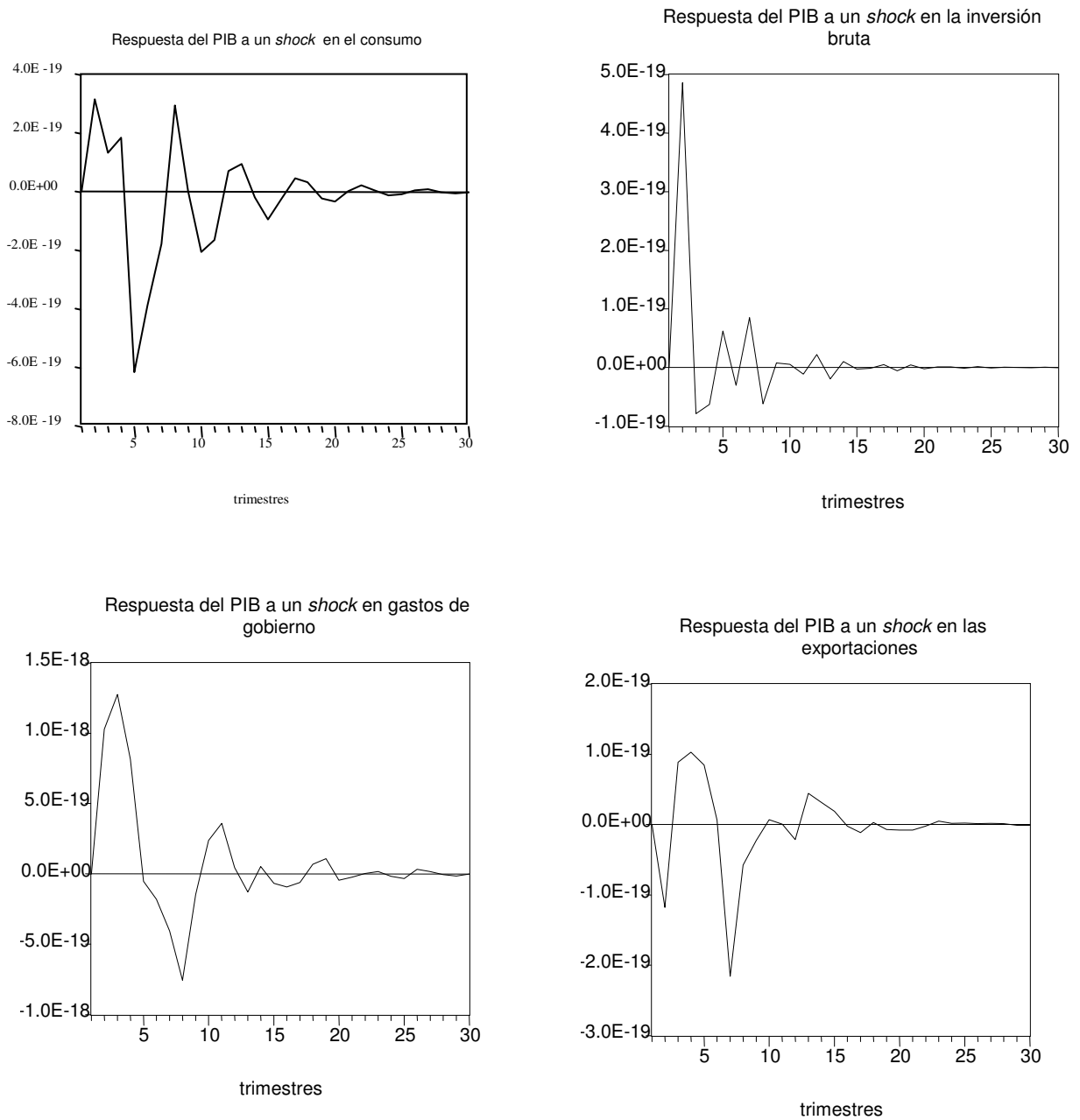
* Nivel de significancia de 5%.

Los resultados contenidos en este Cuadro prueban que las variables macroeconómicas de México tienen raíces unitarias. Esta conclusión es robusta, ya que no pudo ser rechazada con ninguna de las seis pruebas aplicadas.

A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de respuesta del PIB al impulso de un *shock* positivo de una desviación estándar de cada una de las principales variables macroeconómicas.

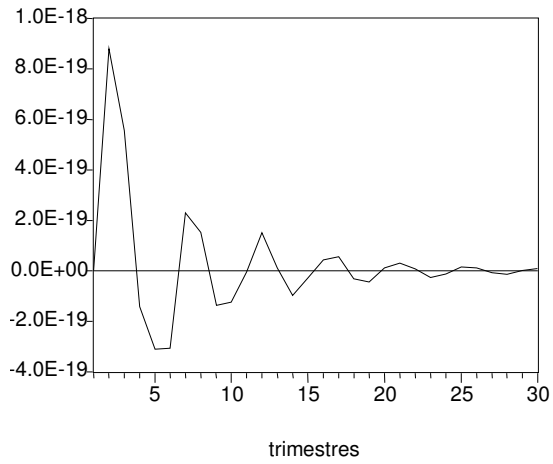
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Figura 13. Respuesta del PIB a *shocks* positivos de una desviación estándar de las principales variables macroeconómicas.

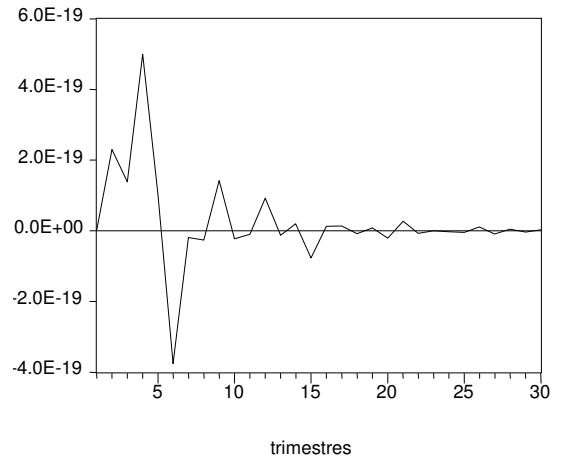


ANÁLISIS DE RESULTADOS

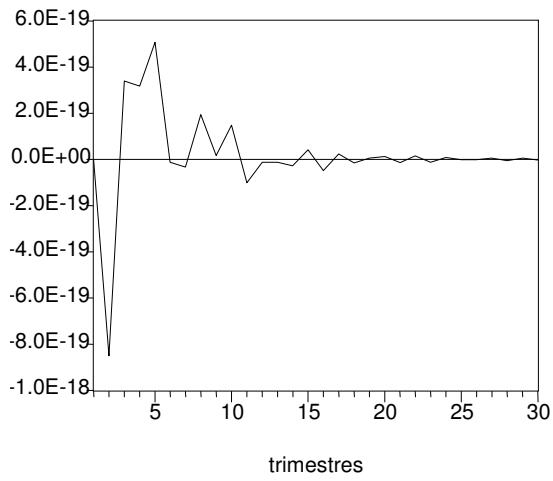
Respuesta del PIB a un *shock* en las importaciones



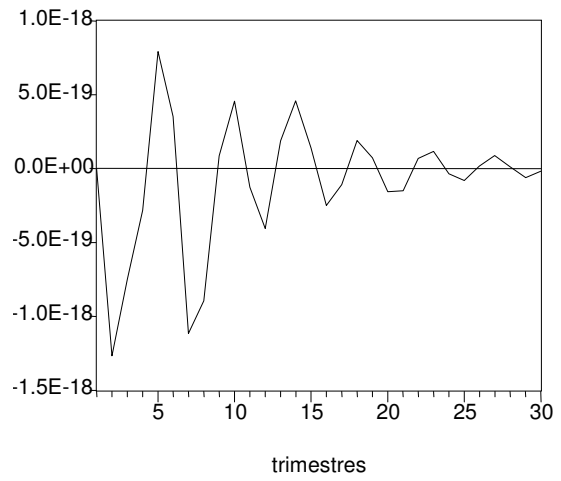
Respuesta del PIB a un *shock* en M1



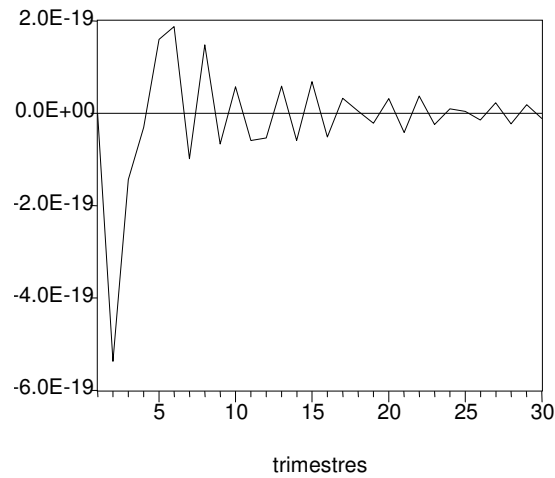
Respuesta del PIB a un *shock* en el tipo de cambio



Respuesta del PIB a un *shock* en la inflación



Respuesta del PIB a un *shock* en la deuda pública



4.7. Análisis de cointegración de las variables macroeconómicas.

En este inciso se analiza la relación en el largo plazo entre las variables macroeconómicas PIB, consumo, gastos de gobierno, inversión, exportaciones e importaciones.

Engle y Granger (1987) señalaron que una combinación lineal de dos o más series de tiempo no estacionarias pueden ser estacionarias. si tal combinación lineal existe, las series de tiempo no estacionarias se dicen cointegradas. La combinación lineal estacionaria se llama ecuación de cointegración y se interpreta como la relación de equilibrio en el largo plazo entre las variables involucradas.

El vector de cointegración para las variables macroeconómicas PIB, consumo, gastos de gobierno, inversión, exportaciones, importaciones, con un nivel de significancia de 5%, es:

(1, - 0.460651, - 0.205349, - 0.528263, - 0.287941, 0.394331)

por lo tanto la correspondiente ecuación de cointegración es:

$PIB = 0.460651$ (consumo) + 0.205349 (gastos de gobierno) + 0.528263 (inversión) + 0.287941 (exportaciones) - 0.394331 (importaciones).

4.8. Análisis de persistencia o de cambio de fase.

Para llevar a cabo el análisis de persistencia, también llamado análisis de cambio de fase, se usará la información obtenida en Cuadro 5, para series macroeconómicas con periodicidad trimestral. El objetivo de este análisis es identificar las variables macroeconómicas cuyo ciclo está adelantado, es contemporáneo o está rezagado con respecto al ciclo del PIB.

El ciclo de los gastos de Estado está rezagado un trimestre con respecto al ciclo del PIB, y como es procíclico (0.419), significa que si el PIB está por arriba de su tendencia secular, entonces los gastos de gobierno estarán por arriba de su tendencia secular un trimestre después. Es decir un incremento en el PIB no se refleja de manera contemporánea en un incremento de los gastos de gobierno, o al revés, un incremento en los gastos del gobierno no se refleja de manera contemporánea en un incremento en el PIB.

El ciclo del consumo es contemporáneo al ciclo del PIB y como es procíclico (0.926), significa que si el PIB está por arriba de su tendencia secular, entonces el consumo está de manera contemporánea arriba de su tendencia secular; es decir un incremento en el PIB se refleja de manera contemporánea en un incremento en el consumo.

El ciclo de la inversión bruta es contemporáneo al ciclo del PIB y es procíclico (0.941). Por lo tanto un incremento en la inversión bruta se refleja de manera contemporánea en un incremento del PIB.

Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.

El ciclo de las exportaciones está adelantado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.

El ciclo de las exportaciones liderea al ciclo del PIB y como las exportaciones son anticíclicas (-0.194), entonces si las exportaciones están por arriba de su tendencia secular, el PIB estará por abajo de su tendencia secular cuatro trimestres después.

El ciclo de las importaciones es contemporáneo al ciclo del PIB y es procíclico (0.764), por lo tanto, si las importaciones están por arriba de su tendencia secular, el ciclo del PIB estará de manera contemporánea por arriba de su tendencia secular.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.

El ciclo del agregado monetario nominal M1 es contemporáneo al ciclo del PIB y es procíclico (0.392); el hecho que M1 es procíclico, coincide con el resultado reportado por Kydland y Prescott (1990), para la economía de Estados Unidos durante el período 1954.I-1989.IV. Por lo tanto, si el agregado monetario M1 está por arriba de su tendencia secular, entonces el ciclo del PIB estará también de manera contemporánea por arriba de su tendencia secular. Lo mismo se puede decir para el agregado M2.

El ciclo del agregado monetario M3 está adelantado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB; es decir, el ciclo de M3 liderea al ciclo del PIB, y como el agregado M3 es anticíclico (-0.096), entonces si el agregado M3 está por arriba de su tendencia secular, el PIB estará por abajo de su tendencia secular cuatro trimestres después.

El ciclo del agregado monetario M4 está adelantado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB; es decir, el ciclo de M4 liderea al ciclo del PIB, y como el agregado M4 es procíclico (0.042), entonces si el agregado M4 está por arriba de su tendencia secular, el PIB estará por arriba de su tendencia secular cuatro trimestres después.

El ciclo del agregado monetario M1 deflactado es contemporáneo al ciclo del PIB y es procíclico (0.589); por lo tanto, si el agregado monetario M1 deflactado está por arriba de su tendencia secular, entonces el ciclo del PIB está de manera contemporánea por arriba de su tendencia secular, dado el hecho que M1 deflactado es procíclico. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.

El ciclo del agregado monetario M2 deflactado está adelantado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB; es decir, el ciclo de M2 deflactado liderea al ciclo del PIB y como el agregado M2 deflactado es procíclico (0.085), entonces si el agregado M2 deflactado está por arriba de su tendencia secular, el PIB estará por arriba de su tendencia secular cuatro trimestres después. El hecho que M2 deflactado es procíclico,

ANÁLISIS DE RESULTADOS

coincide con el resultado reportado por Hodrick y Prescott (1997) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1950.I-1979.II.

El ciclo del agregado monetario M3 deflactado está adelantado un trimestre con respecto al ciclo del PIB; es decir, el ciclo de M3 deflactado lidera al ciclo del PIB y como el agregado M3 deflactado es procíclico (0.373), entonces si el agregado M3 deflactado está por arriba de su tendencia secular, el PIB estará por arriba de su tendencia secular un trimestre después.

El ciclo del agregado monetario M4 deflactado está adelantado un trimestre con respecto al ciclo del PIB; es decir, el ciclo de M4 deflactado lidera al ciclo del PIB, y como el agregado M4 deflactado es procíclico (0.642), entonces si el agregado M4 deflactado está por arriba de su tendencia secular, entonces el PIB estará por arriba de su tendencia secular un trimestre después.

El ciclo de la velocidad de M1 es contemporáneo al ciclo del PIB y es anticíclico (-0.468), por lo que si la velocidad de M1 está por arriba de su tendencia secular, el ciclo del PIB estará de manera contemporánea por abajo de su tendencia secular.

El ciclo del tipo de cambio (pesos por dólar) es contemporáneo al ciclo del PIB y como es anticíclico (-0.629), si el tipo de cambio está por arriba de su tendencia secular, entonces el PIB estará de manera contemporánea abajo de su tendencia secular; es decir, ante una depreciación del peso respecto del dólar, el ciclo del PIB responde de manera contemporánea, por abajo de su tendencia secular.

El ciclo del índice nacional de precios al consumidor está adelantado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB; es decir, el ciclo del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) lidera al ciclo del PIB, y como el INPC es anticíclico (-0.298), entonces si el INPC por arriba de su tendencia secular, el PIB estará por abajo de su tendencia secular cuatro trimestres después.

El ciclo de los certificados de la tesorería de la federación (CETES) está rezagado un trimestre con respecto al ciclo del PIB y como es anticíclico (-0.513), si el PIB está por arriba de su tendencia secular, entonces los CETES estarán por abajo de su tendencia secular un trimestre después.

El ciclo de la deuda pública está rezagado un trimestre con respecto al ciclo del PIB y como es anticíclico (-0.597), si el PIB está por arriba de su tendencia secular, entonces la deuda pública estará por abajo de su tendencia secular un trimestre después.

4.9. Correlación serial de las variables macroeconómicas de México.

Para investigar las propiedades de correlación serial, se procedió de acuerdo con Hodrick y Prescott (1997). Las funciones de respuesta al impulso estudian la respuesta de la variable dependiente en el sistema de vectores autoregresivos (VAR) al impacto de un *shock* de una desviación estándar en los términos aleatorios de error (llamados *impulsos o innovaciones*), durante diversos períodos en el futuro. Para cada una de las variables macroeconómicas se modeló un proceso autorregresivo de orden seis.

Para detectar la presencia de autocorrelación se aplicó el contraste de Breusch-Godfrey, el cual se describe con todo detalle en la sección 3.8., del capítulo de Metodología.

Observando los estadísticos determinados para cada una de las variables macroeconómicas (Cuadro 6) y aplicando la regla de decisión: “Si el valor de $(n-p)R^2$ es mayor que $\chi_p^2(\alpha)$, entonces se rechaza H_0 ”, se concluyó que existe autocorrelación serial con un nivel de significancia del 1%.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

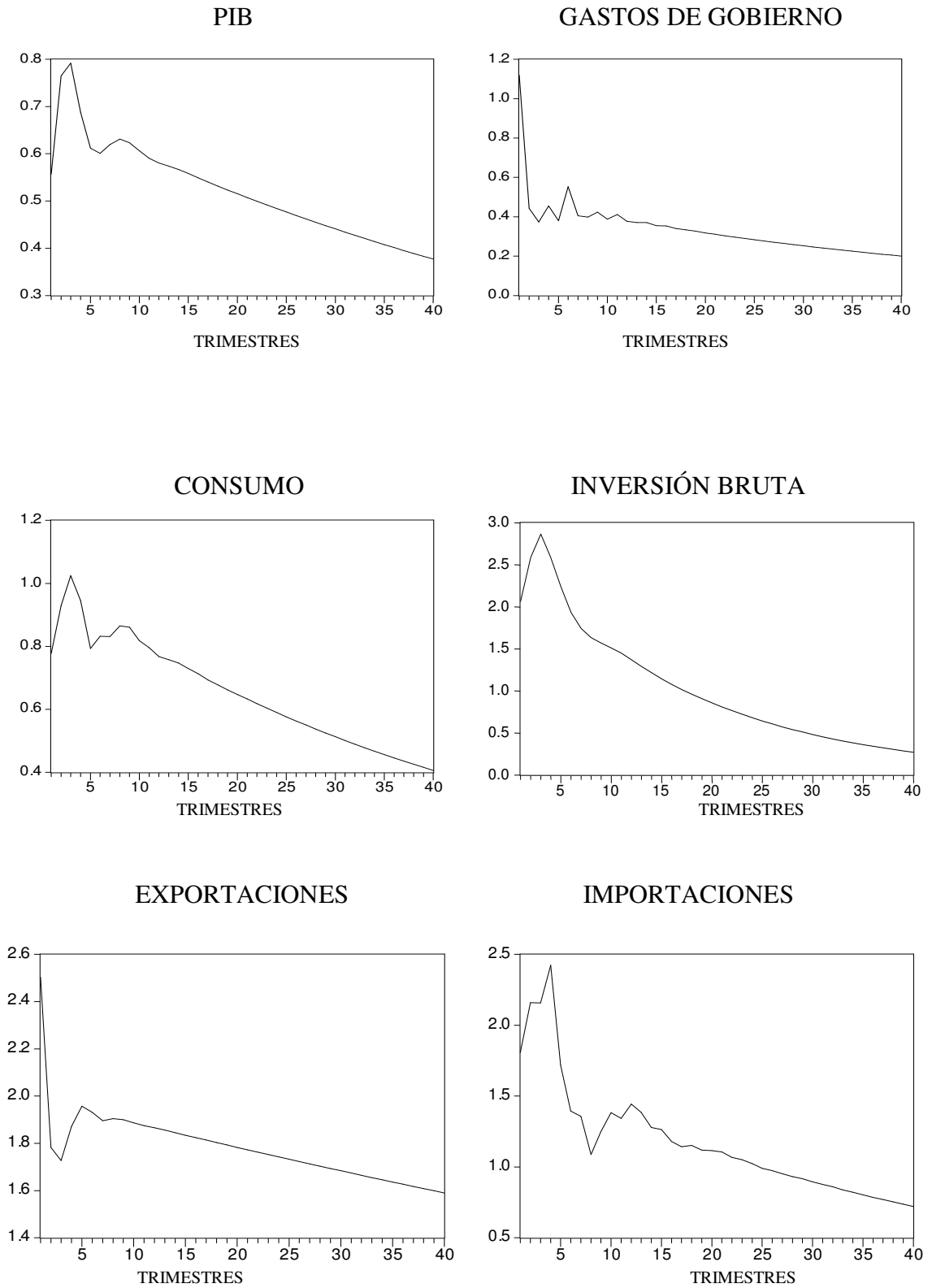
Cuadro 7. Contraste de Breusch-Godfrey para autocorrelaciones de orden superior.

Variable macroeconómica	$(68 - 6)R^2$	$\chi_6^2(\alpha); \alpha = 0.01$
PIB	57.69	16.81
Gastos de gobierno	50.35	16.81
Consumo	56.36	16.81
Inversión bruta	55.87	16.81
Exportaciones	58.91	16.81
Importaciones	58.91	16.81
M1	57.27	16.81
M1 deflactado	54.54	16.81
Velocidad de M1	54.71	16.81
Tipo de cambio	58.57	16.81
INPC	58.52	16.81
Inflación	39.34	16.81
Deuda pública	54.56	16.81

Las funciones de respuesta al impulso de un *shock* positivo de una desviación estándar de las variables macroeconómicas, son las siguientes:

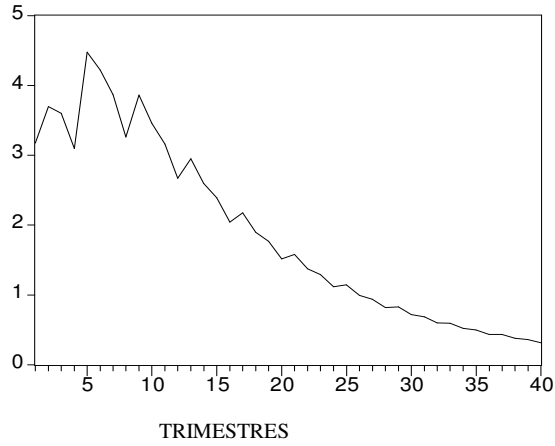
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Figura 14. Funciones de respuesta al impulso.

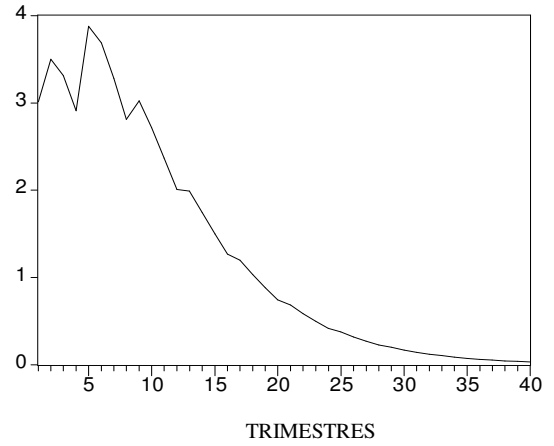


ANÁLISIS DE RESULTADOS

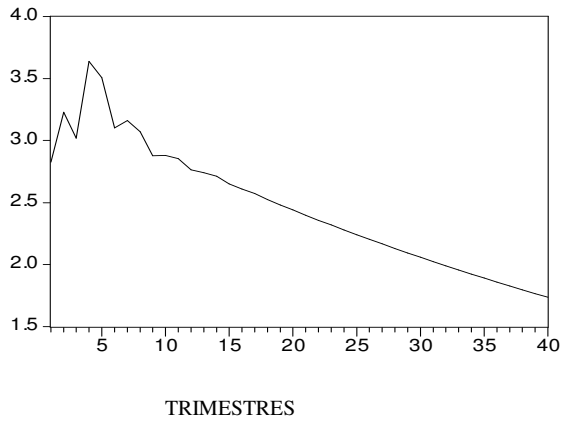
M1 DEFLACTADO



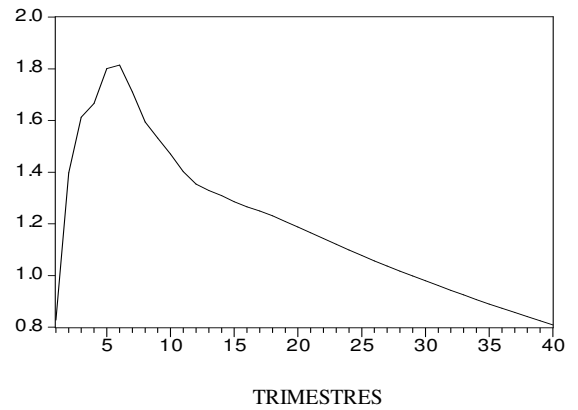
VELOCIDAD M1



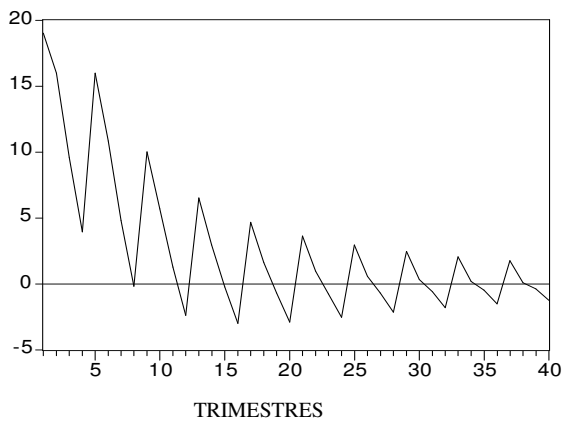
TIPO DE CAMBIO



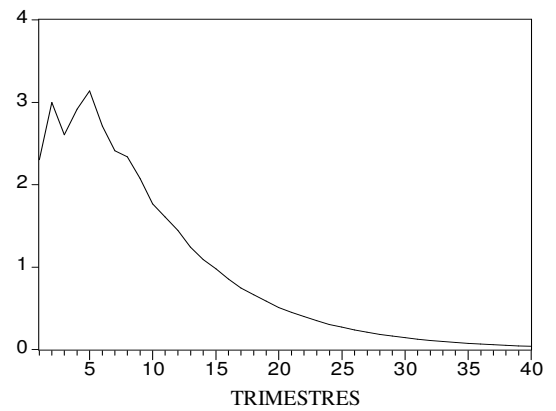
INPC



INFLACIÓN



DEUDA PÚBLICA



4.10. Regularidades empíricas de los ciclos económicos en otros períodos.

El objetivo de este apartado es analizar las regularidades empíricas de los ciclos económicos de los diferentes períodos, con respecto al período fundamental de análisis, 1987.I-2003.IV, con el fin de detectar las similitudes y las diferencias; es decir, con el fin de descubrir las regularidades empíricas de los ciclos económicos de México.

4.10.1. Período, 1980.I-1986.IV.

Con respecto a la correlación contemporánea con el PIB, las variables, gastos de gobierno, consumo, inversión bruta, importaciones son procíclicas, igual que en el período fundamental de análisis; las exportaciones siguen anticíclicas; los agregados monetarios nominales M2 y M3 siguen anticíclicos; los cuatro agregados monetarios deflactados son procíclicos, igual que en el período fundamental de análisis, y las velocidades de M1, M2 y M4 son anticíclicas, igual que en el período fundamental de análisis.

Las variables tipo de cambio, índice de precios implícitos, INPC, inflación, CETES y deuda pública son anticíclicos, igual que en el período fundamental de análisis.

Los gastos de gobierno, sin embargo, son contemporáneos al ciclo del PIB. Las exportaciones y las importaciones están rezagadas un trimestre. El agregado monetario M1 es anticíclico y está rezagado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB. El agregado monetario M2 está rezagado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB. El ciclo de los CETES y la Deuda Pública está adelantado cuatro trimestres con respecto al ciclo del PIB. La volatilidad de la inflación es mucho menor que en el período fundamental de análisis. En general la variabilidad de los agregados monetarios nominales es menor en éste período, que en el período fundamental de análisis.

En conclusión, para este período las características de las componentes cíclicas de las variables macroeconómicas son esencialmente las mismas que las del período

ANÁLISIS DE RESULTADOS

fundamental de análisis. Los cambios más significativos son que M1 es anticíclico y que se observan cambios en la persistencia o en la fase de algunas variables macroeconómicas.

Cuadro 8. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1980.I-1986.IV.

Variable macroeconómica	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)
Gastos de gobierno	-0.211	0.04	0.129	0.303	0.454	0.445	0.272	0.081	-0.041
Consumo	-0.193	0.082	0.437	0.728	0.93	0.729	0.419	0.062	-0.241
Inversión bruta	-0.322	0.055	0.389	0.657	0.859	0.742	0.484	0.16	-0.16
Exportaciones	0.159	-0.08	-0.159	-0.29	-0.242	-0.324	-0.226	-0.138	-0.088
Importaciones	-0.504	-0.186	0.1	0.388	0.682	0.734	0.621	0.395	0.082
M1	-0.187	-0.233	-0.18	-0.056	-0.019	0.125	0.156	0.251	0.315
M2	-0.18	-0.179	-0.171	-0.13	-0.119	0.025	0.155	0.258	0.326
M3	-0.174	-0.203	-0.195	-0.132	-0.072	0.07	0.182	0.256	0.297
M4	-0.223	-0.284	-0.29	-0.228	-0.163	0.036	0.203	0.317	0.395
M1 deflactado	0.079	0.324	0.571	0.775	0.789	0.578	0.164	-0.171	-0.425
M2 deflactado	0.111	0.427	0.662	0.813	0.803	0.556	0.169	-0.208	-0.494
M3 deflactado	0.058	0.34	0.576	0.766	0.816	0.614	0.251	-0.124	-0.419
M4 deflactado	0.022	0.307	0.56	0.771	0.83	0.656	0.297	-0.09	-0.386
Velocidad de M1	-0.15	-0.33	-0.438	-0.574	-0.514	-0.405	-0.063	0.159	0.311
Velocidad de M2	-0.204	-0.472	-0.535	-0.575	-0.469	-0.326	-0.05	0.206	0.383
Velocidad de M3	-0.143	-0.393	-0.468	-0.58	-0.56	-0.474	-0.196	0.094	0.312
Velocidad de M4	-0.088	-0.311	-0.367	-0.484	-0.465	-0.463	-0.242	0.019	0.198
Tipo de cambio	0.299	-0.015	-0.353	-0.662	-0.872	-0.732	-0.449	-0.108	0.23
Índice de precios implícitos	-0.096	-0.263	-0.386	-0.5	-0.559	-0.403	-0.111	0.163	0.371
INPC	-0.186	-0.414	-0.579	-0.664	-0.651	-0.387	-0.031	0.303	0.55
Inflación	0.414	0.256	-0.047	-0.215	-0.282	-0.208	-0.23	-0.173	-0.157
CETES	0.335	0.227	0.207	0.011	-0.033	-0.061	-0.334	-0.309	-0.242
Deuda pública	-0.718	0.592	0.369	0.086	-0.268	-0.461	-0.577	-0.587	-0.447

4.10.2. Período, 1987.I-1993.IV.

Con respecto a la correlación contemporánea con el PIB, las variables gastos de gobierno, consumo, inversión bruta, importaciones son procíclicas, igual que en el período fundamental de análisis; las exportaciones siguen anticíclicas; el agregado monetario nominal M1 es procíclico y los agregados M2 y M3 son anticíclicos, igual que en el período fundamental de análisis; los cuatro agregados monetarios deflactados son procíclicos, igual que en el período fundamental de análisis; las velocidades de M1, M3 y M4 son anticíclicas, igual que en el período fundamental de análisis; las variables tipo de cambio, índice de precios implícitos, INPC, inflación, CETES y deuda pública son anticíclicos, igual que en el período fundamental de análisis, y el ciclo de los gastos de gobierno ahora está adelantado. El consumo tiene la correlación positiva más fuerte. El ciclo de las importaciones está rezagado cuatro trimestres. El ciclo del agregado nominal M1 está adelantado cuatro trimestres. El ciclo del INPC está rezagado un trimestre. El ciclo de la Inflación y los CETES está rezagado dos trimestres con respecto al ciclo del PIB. La inflación es mucho más volátil en este período (37.9), ver Cuadro 13 en Anexo.

En general, todas las variables macroeconómicas son más volátiles en éste período que en el período fundamental de análisis.

La conclusión es que las regularidades observadas son esencialmente las mismas que las del período fundamental de análisis. Los cambios se observan en la persistencia; es decir, en los cambios de fase de algunas variables macroeconómicas.

Cuadro 9. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-1994.IV.

Variable macroeconómica	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)
Gastos de gobierno	0.422	0.557	0.499	0.567	0.442	0.448	0.294	0.342	0.293
Consumo	0.521	0.46	0.613	0.69	0.906	0.697	0.623	0.553	0.513
Inversión bruta	0.578	0.6	0.667	0.73	0.884	0.67	0.59	0.44	0.472
Exportaciones	-0.408	-0.396	-0.159	-0.283	-0.368	-0.345	-0.178	-0.031	0.004
Importaciones	-0.003	-0.047	0.138	0.235	0.341	0.298	0.389	0.399	0.526
M1	0.33	0.264	0.258	0.145	0.094	-0.07	-0.047	-0.088	-0.141
M2	-0.097	-0.117	-0.129	-0.264	-0.339	-0.445	-0.398	-0.369	-0.355
M3	-0.696	-0.693	-0.638	-0.63	-0.593	-0.656	-0.53	-0.396	-0.231
M4	-0.608	-0.612	-0.581	-0.6	-0.598	-0.678	-0.579	-0.464	-0.317
M1 deflactado	0.744	0.687	0.678	0.606	0.584	0.471	0.436	0.312	0.161
M2 deflactado	0.795	0.775	0.755	0.672	0.643	0.596	0.535	0.391	0.2
M3 deflactado	0.203	0.209	0.289	0.379	0.509	0.49	0.538	0.497	0.458
M4 deflactado	0.466	0.459	0.496	0.546	0.621	0.584	0.57	0.476	0.378
Velocidad de M1	-0.729	-0.676	-0.612	-0.531	-0.491	-0.394	-0.357	-0.245	-0.089
Velocidad de M2	-0.815	-0.807	-0.666	-0.557	-0.488	-0.479	-0.408	-0.277	-0.061
Velocidad de M3	-0.064	-0.096	-0.001	-0.096	-0.201	-0.257	-0.318	-0.328	-0.293
Velocidad de M4	-0.424	-0.443	-0.271	-0.318	-0.354	-0.393	-0.373	-0.316	-0.196
Tipo de cambio	-0.636	-0.658	-0.657	-0.709	-0.766	-0.73	-0.684	-0.591	-0.503
Índice de precios implícitos	-0.657	-0.643	-0.625	-0.633	-0.675	-0.703	-0.634	-0.516	-0.362
INPC	-0.598	-0.599	-0.593	-0.627	-0.657	-0.695	-0.623	-0.507	-0.369
Inflación	0.004	-0.192	-0.173	-0.208	-0.099	-0.166	-0.233	-0.2	-0.178
CETES	-0.453	-0.453	-0.383	-0.3	-0.394	-0.411	-0.496	-0.478	-0.34
Deuda pública	-0.601	-0.616	-0.516	-0.457	-0.456	-0.283	-0.228	-0.152	-0.098

4.10.3. Período, 1939-1986.

- ∞ Con respecto a la correlación contemporánea con el PIB: las variables, gastos de gobierno, consumo, inversión bruta, importaciones son procíclicas, igual que en el período fundamental de análisis.
- ∞ El agregado monetario nominal M1 es procíclico y los agregados M2 y M3 son anticíclicos, igual que en el período fundamental de análisis.
- ∞ Los cuatro agregados monetarios deflactados son procíclicos, igual que en el período fundamental de análisis.
- ∞ La velocidad de M1 es anticíclica y la velocidad de M2 es procíclica, igual que en el período fundamental de análisis.
- ∞ El INPC es anticíclico, igual que en el período fundamental de análisis.
- ∞ El ciclo de los gastos de gobierno, ahora, es contemporáneo al ciclo del PIB. Las exportaciones son procíclicas y su ciclo está rezagado cuatro años con respecto al ciclo del PIB. La más alta correlación positiva con el PIB la tiene el consumo (0.86). El ciclo del índice nacional de precios al consumidor es contemporáneo al ciclo del PIB. La mayor volatilidad la tienen las importaciones.

Se concluye que para este período, las regularidades observadas son esencialmente las mismas que las del período fundamental de análisis. Los cambios se observan en las exportaciones y en la persistencia; es decir, en los cambios de fase de algunas variables macroeconómicas.

Cuadro 10. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1939-1986.

Variable macroeconómica	x(t-6)	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)	x(t+6)
Gastos de gobierno	0.249	-0.081	-0.165	-0.006	0.025	0.203	0.358	0.181	-0.065	-0.154	-0.278	-0.157	0.26
Importaciones	-0.076	-0.255	-0.36	-0.155	0.041	0.387	0.86	0.366	-0.052	-0.138	-0.223	-0.197	-0.074
Consumo	0.001	-0.25	-0.467	-0.403	-0.172	0.199	0.654	0.386	-0.003	-0.034	-0.019	-0.017	-0.026
Exportaciones	-0.171	-0.004	0.186	0.082	0.15	0.252	0.294	0.223	0.066	-0.27	-0.345	-0.089	-0.06
Inversión bruta	-0.006	-0.225	-0.363	-0.298	-0.134	0.222	0.595	0.3	-0.039	0.002	0.042	0.008	-0.02
M1 deflactado	-0.068	-0.373	-0.378	-0.274	-0.067	0.266	0.588	0.559	0.3	0.043	-0.196	-0.204	-0.044
M2 deflactado	-0.008	-0.129	-0.111	0.023	0.215	0.367	0.404	0.301	-0.041	-0.215	-0.33	-0.333	-0.119
M3 deflactado	-0.028	-0.203	-0.199	-0.04	0.182	0.346	0.397	0.287	-0.053	-0.23	-0.342	-0.331	-0.119
M4 deflactado	-0.01	-0.175	-0.198	-0.091	0.114	0.291	0.38	0.346	0.036	-0.168	-0.319	-0.359	-0.164
INPC	0.06	0.14	0.055	-0.106	-0.234	-0.438	-0.567	-0.499	-0.356	-0.175	0.063	0.186	0.159
M1	-0.006	-0.228	-0.321	-0.384	-0.308	-0.188	0.002	0.043	-0.068	-0.138	-0.131	-0.012	0.121
M2	0.051	0.016	-0.049	-0.08	-0.026	-0.084	-0.172	-0.201	-0.377	-0.363	-0.24	-0.126	0.043
M3	0.03	-0.05	-0.123	-0.13	-0.053	-0.095	-0.166	-0.2	-0.366	-0.358	-0.24	-0.12	0.04
M4	0.047	-0.021	-0.119	-0.173	-0.116	-0.153	-0.194	-0.161	-0.293	-0.303	-0.213	-0.136	0.006
Velocidad de M1	0.011	0.293	0.344	0.358	0.282	0.107	-0.116	-0.326	-0.279	-0.183	-0.027	-0.048	-0.208
Velocidad de M2	-0.099	-0.056	-0.078	-0.047	-0.088	-0.084	0.034	-0.103	0.063	0.135	0.237	0.212	-0.031
Velocidad de M3	-0.078	0.021	0.013	0.016	-0.055	-0.066	0.037	-0.091	0.074	0.152	0.251	0.212	-0.03
Velocidad de M4	-0.098	-0.015	0.006	0.066	0.018	0	0.069	-0.141	-0.015	0.085	0.22	0.232	0.01

4.10.4. Período, 1987-2003.

Con respecto a la correlación contemporánea con el PIB, las variables: gastos de gobierno, consumo, inversión bruta e importaciones son procíclicas, igual que en el período fundamental de análisis.

Las exportaciones son anticíclicas; el agregado monetario nominal M1 es procíclico y los agregados M2 y M3 son anticíclicos; los cuatro agregados monetarios deflactados son procíclicos; la velocidad de M1 y M3 es anticíclica; y el INPC es anticíclico, todo ello igual que en el período fundamental de análisis.

El ciclo de los gastos de gobierno, ahora, es contemporáneo al ciclo del PIB. El ciclo de las exportaciones esta rezagado dos años con respecto al ciclo del PIB. El ciclo del agregado M1 está rezagado cuatro años con respecto al ciclo del PIB. El ciclo del agregado nominal M2 esta adelantado dos años con respecto al ciclo del PIB. La mayor volatilidad la tiene el índice nacional de precios al consumidor.

Se concluye que las regularidades observadas son esencialmente las mismas que las del período fundamental de análisis. Los cambios se observan en la persistencia; es decir, en los cambios de fase de algunas variables macroeconómicas.

Cuadro 11. Matriz de correlaciones cruzadas de la componente cíclica del PIB y de las componentes cíclicas de diferentes variables macroeconómicas, 1987-2003.

Variable macroeconómica	x(t-6)	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)	x(t+6)
Gastos de gobierno	-0.019	-0.388	-0.46	-0.029	0.367	0.644	0.66	0.149	-0.297	-0.44	-0.337	0.055	0.463
Importaciones	-0.223	-0.522	-0.438	-0.178	0.175	0.573	0.863	0.275	-0.197	-0.528	-0.603	-0.429	0.07
Consumo	0.05	-0.397	-0.503	-0.464	-0.158	0.231	0.834	0.523	0.148	-0.323	-0.492	-0.477	-0.089
Exportaciones	0.435	0.125	-0.083	-0.291	-0.309	-0.232	-0.016	0.324	0.473	0.399	0.235	0.005	-0.274
Inversión bruta	0.026	-0.423	-0.519	-0.396	-0.058	0.343	0.942	0.443	-0.007	-0.414	-0.502	-0.443	0.065
M1 deflactado	-0.21	-0.261	-0.285	-0.056	0.226	0.523	0.561	0.181	-0.279	-0.441	-0.591	-0.193	0.321
M2 deflactado	-0.004	-0.077	-0.148	-0.122	-0.024	0.518	0.482	0.154	-0.042	-0.151	-0.355	-0.101	0.181
M3 deflactado	-0.193	-0.165	-0.05	-0.007	0.043	0.473	0.487	-0.067	-0.261	-0.166	-0.194	-0.139	0.081
M4 deflactado	-0.338	-0.197	0.032	0.169	0.343	0.466	0.254	-0.26	-0.459	-0.322	-0.144	0.06	0.303
INPC	0.267	0.108	-0.113	-0.355	-0.455	-0.479	-0.283	0.066	0.252	0.235	0.079	-0.161	-0.344
M1	0.102	-0.152	-0.453	-0.502	-0.317	-0.02	0.265	0.28	0.006	-0.193	-0.551	-0.412	-0.074
M2	0.344	0.093	-0.237	-0.534	-0.604	-0.301	-0.07	0.18	0.3	0.2	-0.116	-0.271	-0.333
M3	0.239	0.064	-0.15	-0.415	-0.513	-0.381	-0.148	0.052	0.196	0.211	0.02	-0.239	-0.369
M4	0.173	0.039	-0.13	-0.373	-0.414	-0.382	-0.237	-0.048	0.091	0.139	0.028	-0.178	-0.29
Velocidad de M1	0.22	0.189	0.19	-0.065	-0.329	-0.561	-0.524	-0.192	0.238	0.376	0.494	0.107	-0.352
Velocidad de M2	-0.044	-0.063	0.068	0.117	0.087	-0.415	-0.258	-0.072	0.011	0.027	0.227	-0.013	-0.185
Velocidad de M3	0.159	-0.038	-0.1	-0.028	0.043	-0.295	-0.129	0.248	0.26	-0.03	-0.048	-0.035	-0.063
Velocidad de M4	0.349	0.047	-0.168	-0.235	-0.341	-0.34	0.066	0.45	0.511	0.204	-0.053	-0.238	-0.339

5. CONCLUSIONES.

Las conclusiones de la presente investigación son las siguientes:

1. Se verificaron todas las hipótesis de investigación.
2. La mayoría de las regularidades empíricas reportadas para la economía mexicana coinciden con las descubiertas por Hodrick y Prescott (1997) para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II. También coinciden con las descubiertas por Agénor, McDermott y Prasad (1998) para doce países en desarrollo durante el período 1978.I-1995.IV.
3. Todos los fines de sexenio están asociados con depresiones económicas. Sin embargo, no todas las depresiones son de fin sexenio. Tan solo la mitad de ellas lo son: 1946-1952 Miguel Alemán Valdés, 1952-1958 Adolfo Ruíz Cortines, 1964-1970 Gustavo Díaz Ordaz, 1970-1976 Luis Echeverría Álvarez, 1976-1982 José López Portillo y Pacheco, 1982-1988 Miguel de la Madrid Hurtado, 1988-1994 Carlos Salinas de Gortari.
4. Las regularidades empíricas reportadas para la economía mexicana, esencialmente son las mismas para los cinco períodos de análisis, habiendo algunas diferencias en el comportamiento de las exportaciones, en el agregado nominal M1 y en los cambios de fase de algunas variables macroeconómicas.

En relación con las regularidades empíricas que ocurren en el período fundamental de análisis: 1987.I-2003.IV.

5. La inversión es aproximadamente cuatro veces más volátil que el PIB. Resultados similares obtuvieron Hodrick y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.
6. El agregado monetario nominal M1 es cinco veces más volátil que el PIB. Sin embargo, para la economía de Estados Unidos, Hodrick y Prescott (1990) obtuvieron

CONCLUSIONES

- que para el período 1954.I-1989.IV, el agregado monetario nominal M1 tiene la misma volatilidad que el PIB. Este es un indicio de la indisciplina de la política monetaria mexicana.
7. El consumo y los gastos de gobierno tienen aproximadamente la misma volatilidad que el PIB. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.
 8. Los gastos de gobierno, el consumo, la inversión y las importaciones son procíclicos.
 9. El ciclo de las exportaciones es anticíclico, contrariamente a la idea predominante entre los economistas mexicanos.
 10. Los ciclos del consumo, de la inversión y de las importaciones son contemporáneos al ciclo del PIB. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990) para la economía de Estados Unidos, durante el período 1954.I-1989.IV.
 11. Los agregados monetarios deflactados son procíclicos. Resultados similares obtuvieron Hodrick y Prescott (1997), para la economía de Estados Unidos durante el período 1950.I-1979.II.
 12. El índice nacional de precios al consumidor es anticíclico. Resultados similares obtuvieron Kydland y Prescott (1990), para la economía de Estados Unidos durante el período 1954.I-1989.IV.
 13. El tipo de cambio, el índice nacional de precios al consumidor, la inflación, los CETES y la deuda pública son anticíclicos.
 14. Las regularidades empíricas aquí reportadas para la economía mexicana, esencialmente coinciden con lo que predice la teoría de los ciclos económicos reales (Kydland y Prescott, 1982). Esta teoría predice que el consumo es menos volátil que el PIB, la inversión más volátil que el PIB, los precios son anticíclicos, la inversión y el consumo son procíclicos y están fuertemente correlacionados con el PIB, el ciclo del consumo y la inversión son contemporáneos al ciclo del PIB.

6. BIBLIOGRAFÍA .

- [1] Agénor, P. Richard, C. John McDermott y Eswar Prasad. 1998. “Macroeconomic fluctuations in developing countries. Some Stylized Facts”, Working Papers, Economic Development Institute, The World Bank.

- [2] Almendra-Arao, G. , A. González-Estrada y J. S. Mora Flores. 2006. “Los ciclos económicos de México y sus regularidades empíricas”. (Enviado en agosto de 2007 a la Revista Agrociencia).

- [3] Banco de México. 2004. Indicadores Económicos. México, D.F.

- [4] Backus, David K y Patrick J. Kehoe. 1992. “International evidence on the historical properties of business cycles”, American Economic Review 82, 4, pp: 864-888.

- [5] Belaisch, Agnes y Claudio Soto. 1998. “Empirical regularities of the Chilean business cycle”, Working Paper, Central Bank of Chile.

- [6] Bonilla, Moisés y Lozano, Rogelio. 1986. Procesos Estocásticos, Serie Verde, CINVESTAV, IPN. México, D. F.

- [7] Brockwell, P.J. y R.A. Davis. 1991. Time Series: Theory and Methods, Springer-Verlag. New York, Estados Unidos.

- [8] Burns, Arthur F., and Mitchell, Wesley C. 1946. Measuring Business Cycles. National Bureau of Economic Research. New York, Estados Unidos.

- [9] Cuadros, Ana M. 2000. “Exportaciones y crecimiento económico: un análisis de causalidad para México”, Estudios Económicos, Vol. 15, No. 1, pp. 37-58.

- [10] Diccionario de Economía Política. 1985. Editorial Progreso. Moscú, URSS.

BIBLIOGRAFÍA

- [11] Dillard, Dudley. 1977. *La Teoría Económica de John Maynard Keynes*, Aguilar S. A., España.
- [12] Espinoza, Edy y Adrián González-Estrada. 2003. “El Papel del Dinero en la Dinámica de las Variables Macroeconómicas Reales de México”, División de Ciencias Economico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México (inédito).
- [13] Estey, J. A. 1962. *Ciclos Económicos*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- [14] Federal Reserve Bank of St. Louis. 1998. *Federal Reserve Economic Data Base*. St. Louis, Missouri.
- [15] Fondo Monetario Internacional. 1990. *Estadísticas Financieras Internacionales*. Washington, D. C.
- [16] Frisch, Ragnar. 1965. “Propagation problems and impulse problems in dynamic economics”. **In:** *Economic Essays in Honor of Gustav Cassel*. London: Allen and Unwin. Reprinted en *Readings in Business Cycles*. Homewood, III, Richard D. Irwin. pp. 155-185.
- [17] González-Estrada, Adrián. 2000. *Programación Dinámica con Aplicaciones en la Economía*. México; D.F.: Instituto Nacional del Derecho de Autor, Registro Número: 03-1999-12151314200-01.
- [18] González-Estrada, Adrián. 2003. *Teorías y Políticas Macroeconómicas Actuales*. México; D.F.: Instituto Nacional del Derecho de Autor, Registro Número: 03-2003-071013075900-01.

BIBLIOGRAFÍA

- [19] Grimble, M.. 1987. “ H_{∞} Design of optimal linear filters”, In: International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems, Phoenix, A Z.
- [20] Gujarati, D. M.. 1995. Econometría, McGraw-Hill. Colombia.
- [21] Hamilton, J.D.. 1994. Time Series Análisis, Princeton University Press. New Jersey.
- [22] Hamilton, J.D..2005. “What’s real about the business cycle”, NBER Working Papers 11161.
- [23] Harding, D. and A. R. Pagan. 2002. “Dissecting the cycle: a methodological investigation”, Journal of Monetary Economics, 49, pp. 365-381.
- [24] Harvey, A. C. and P.H.J. Todd. 1983. “Forecasting economic time series with structural and Box-Jenkins models”, Journal of Business & Economic Statistics,1, pp. 299-315.
- [25] Harvey, A. C.. 1985. “Trends and cycles in macroeconomic time series”, Journal of Business and Economic Statistics, 3, pp. 216-227.
- [26] Harvey, A. C..1989. Forecasting, Structural Time Series and the Kalman Filter, Cambridge University Press, Cambridge.
- [27] Hatcher, T. and D. Salvatore. 1991. “Inward-oriented and outward-oriented trade strategies”, Journal of Development Studies: 7-25.
- [28] Herrera, J. y A. Ramón A.. 2003. “Trends and cycles: how important are long-and short-run restrictions? The case of México”, Estudios Económicos, Vol. 18, No.1, pp. 133-155.

BIBLIOGRAFÍA

- [29] Hodrick, Robert J. and Edward C. Prescott. 1997. "Postwar US business cycles: an empirical investigation", *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 29, No.1:1-16.
- [30] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980. *Estadísticas Históricas de México*. México, D.F.
- [31] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. *Sistema de Cuentas Nacionales*. México, D.F.
- [32] Kalecki, M. 1956. *Teoría de la Dinámica Económica*, Fondo de Cultura Económica, México.
- [33] Kalman R.E..1960. "A new approach to linear filtering and prediction problems", *transaction of the ASME—Journal of Basic Engineering*, 82(Serie D): 35-45.
- [34] Keynes, J. M. 1943. *Teoría General de la Ocupación el Interés y el Dinero*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- [35] Keynes, J. M. 1968. *Crítica de la Economía Clásica*, Ediciones Ariel, Barcelona, España.
- [36] Kydland, Finn E. y Edward C. Prescott. 1982. "Time to build and aggregate fluctuations", *Econometría*, Vol. 50(6): 1345-1370.
- [37] Kydland, Finn E. y Edward C. Prescott. 1990. "Business cycles: real facts and a monetary myth", *Quarterly Review*, Federal Reserve Bank of Mineapolis. Minneapolis, MN.

BIBLIOGRAFÍA

- [38] Kydland, Finn E. y C. Zarazaga. 1994. "Is the business cycles of Argentina different?", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Dallas, Vol.4.
- [39] Loría, Eduardo. 1999. "Efectos de la apertura comercial en la manufactura mexicana, 1980-1998", *Investigación Económica*, vol. LIX:230, p. 55-82.
- [40] Lucas, Robert E., Jr. .1977. "Understanding business cycles", in: *Stabilization of the Domestic and International Economy*, K. Brunner and A. Meltzer, (eds) Carnegie –Rochester Conference Series on Public Policy 5.
- [41] Maddison, Angus. 1995. *Monitoring the World Economy 1820-1992*, OECD. Paris, Francia.
- [42] Mandel, Ernest. 1968. *La Formación del Pensamiento Económico de Marx*, Siglo Veintuno Editores, México, D.F.
- [43] Marshall, Alfred. 1957. *Principios de Economía*, Aguilar, Madrid, España.
- [44] Marx, Carlos. 1959. *El Capital*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- [45] Moreno, Juan C.. 2002. "Liberalización comercial y la demanda de importaciones en México", *Investigación Económica*, vol.LXII: 240, abril-junio: 13-50.
- [46] Nacional Financiera. 1980. *La Economía Mexicana en Cifras*. México, D.F.
- [47] Ricardo, David. 1959. *Principios de Economía Política y Tributación*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- [48] Rodríguez, Mauro. 1994. "Los ciclos Kondrátiev en la economía mexicana 1895-1992", *Investigación Económica*, 207, enero-marzo: 175-197.

BIBLIOGRAFÍA

- [49] Sachs, Jeffrey A. y Felipe Larraín. 1994. *Macroeconomía en la Economía Global*, Prentice Hall Hispanoamericana, S. A., México, D.F.
- [50] Schumpeter, Joseph A. 1966. *Ensayos*, Oikos-tau, S. A., España.
- [51] Schumpeter, Joseph A. 1975. *Historia del Análisis Económico*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- [52] Slutsky, Eugen. 1937. "The summation of random causes as the source of cyclic proceses". *Econometrica*, 5(April): 105-146.
- [53] Solow, Robert M.. 1956. "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, February, 70(1): 65-94.
- [54] Solow, Robert M. 1957. "Technical change and the aggregate production function", *Review Economic Statistical*, August , 39(3): 312-320.
- [55] Sweezy, Paul M. 1973. *Teoría del Desarrollo Capitalista*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- [56] Tinbergen, J. y J. J. Polak. 1956. *Dinámica del Ciclo Económico*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

ANEXO A

Figura 15. Tasa de crecimiento del PIB, 1939-2003.

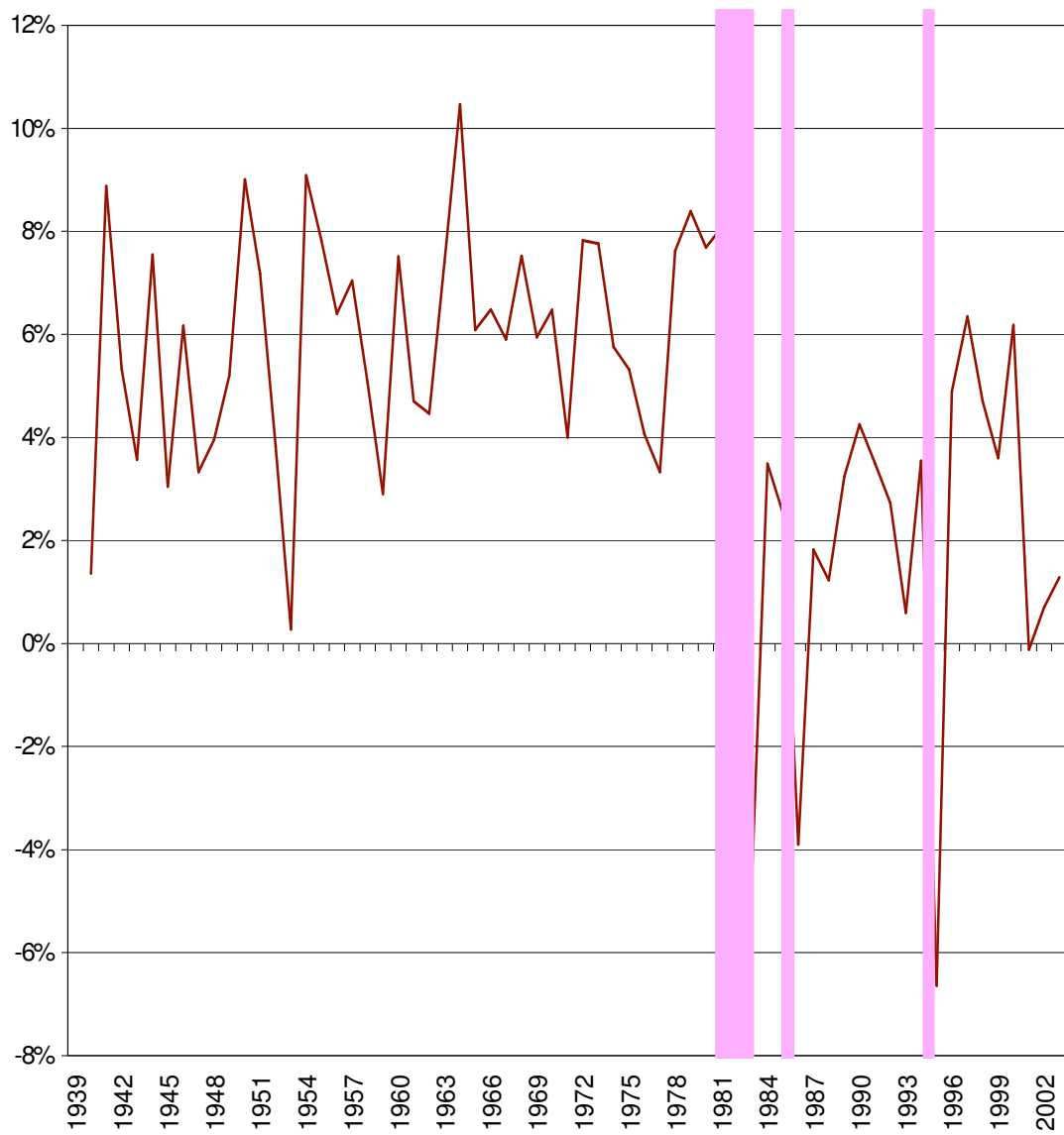
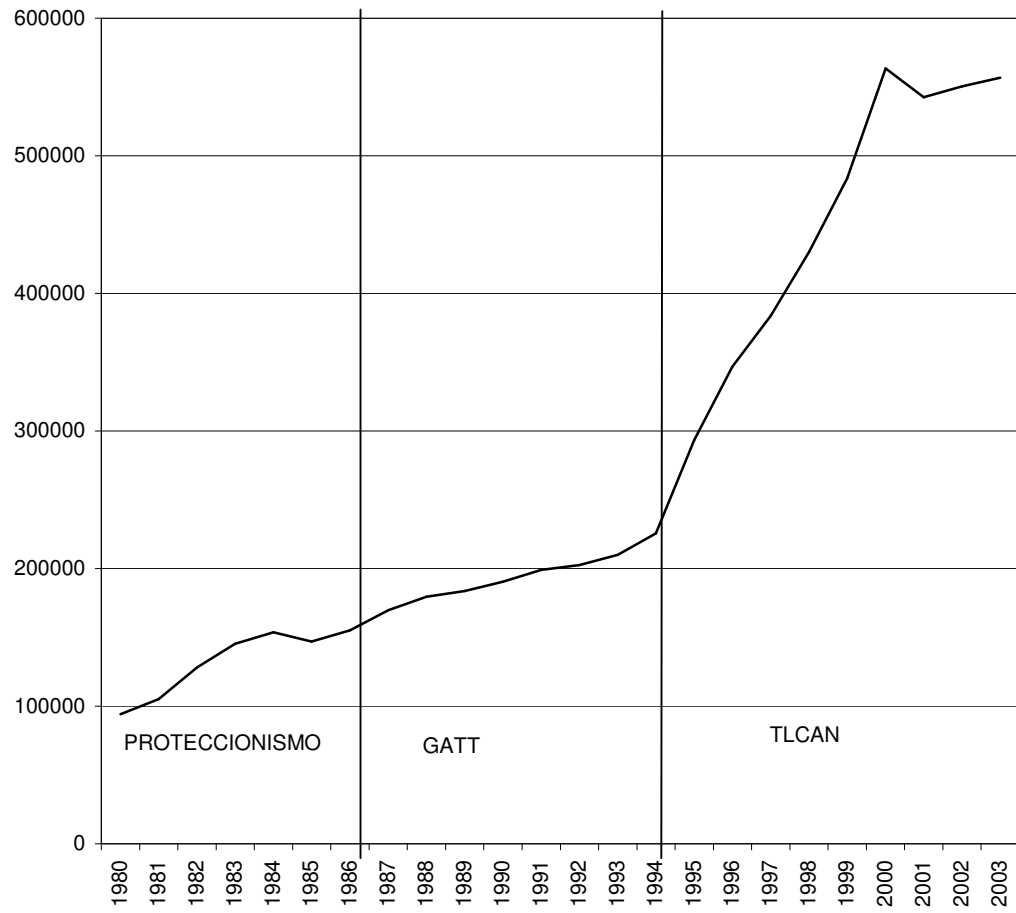
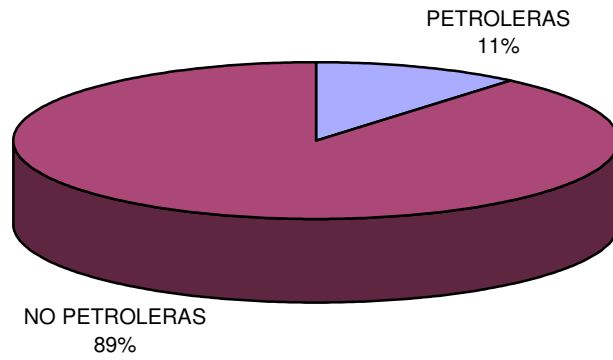


Figura 16. Exportaciones (millones de pesos de 1993)



ANEXO

EXPORTACIONES 2003 (después de la apertura comercial)



EXPORTACIONES 1986 (antes de la apertura comercial)

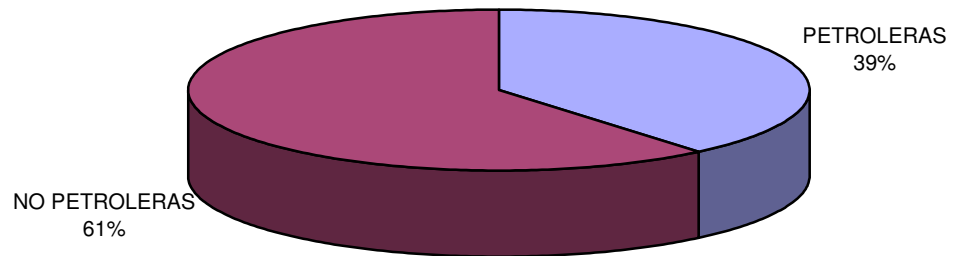


Figura 17. Exportaciones

ANEXO

Cuadro 12. Matriz de desviaciones estándar,
1980.I-1986.IV.

Variable macroeconómica	desv.est.	desv.est.rel.
PIB	0.01172	1
Gastos de gobierno	0.01884	1.607508532
Consumo	0.01208	1.030716724
Inversión bruta	0.0536	4.57337884
Exportaciones	0.03527	3.009385666
Importaciones	0.0961	8.199658703
M1	0.03439	2.934300341
M2	0.03106	2.650170648
M3	0.04369	3.7278157
M4	0.0408	3.481228669
M1 deflactado	0.04267	3.640784983
M2 deflactado	0.0381	3.250853242
M3 deflactado	0.03819	3.258532423
M4 deflactado	0.03336	2.846416382
Velocidad de M1	0.02938	2.506825939
Velocidad de M2	0.0257	2.192832765
Velocidad de M3	0.02249	1.91894198
Velocidad de M4	0.01963	1.674914676
Tipo de cambio	0.0896	7.645051195
Índice de precios implícitos	0.0545	4.650170648
INPC	0.0527	4.496587031
Inflación	0.2161	18.43856655
CETES	0.0977	8.336177474
Deuda pública	0.0603	5.145051195

ANEXO

Cuadro 13. Matriz de desviaciones estándar,
1987.I-1993.IV.

Variable macroeconómica	Desv.est.	Desv.est.rel.
PIB	0.00708	1
Gastos de gobierno	0.01184	1.672316384
Consumo	0.01183	1.670903955
Inversión bruta	0.02468	3.485875706
Exportaciones	0.02767	3.90819209
Importaciones	0.03272	4.621468927
M1	0.0679	9.59039548
M2	0.03969	5.605932203
M3	0.04396	6.209039548
M4	0.03983	5.625706215
M1 deflactado	0.0785	11.08757062
M2 deflactado	0.04042	5.709039548
M3 deflactado	0.02627	3.710451977
M4 deflactado	0.02519	3.557909605
Velocidad de M1	0.0746	10.53672316
Velocidad de M2	0.03449	4.871468927
Velocidad de M3	0.02076	2.93220339
Velocidad de M4	0.01821	2.572033898
Tipo de cambio	0.0791	11.17231638
Índice de precios imp.	0.0548	7.740112994
INPC	0.0601	8.488700565
Inflación	0.269	37.99435028
CETES	0.1531	21.62429379
Deuda pública	0.04727	6.676553672

ANEXO

Cuadro 14. Matriz de desviaciones estándar,
1939-1986.

Variable macroeconómica	Desv est.	Desv.est.rel.
PIB	0.01161	1
Gastos de gobierno	0.01996	1.71920758
Consumo	0.01397	1.20327304
Importaciones	0.0729	6.27906976
Exportaciones	0.03006	2.589147287
Inversión bruta	0.05314	4.577088717
M1 deflactado	0.04482	3.860465116
M2 deflactado	0.04427	3.813092162
M3 deflactado	0.0447	3.850129199
M4 deflactado	0.04319	3.720068906
INPC	0.04633	3.990525409
M1	0.04479	3.857881137
M2	0.04863	4.188630491
M3	0.05143	4.429801895
M4	0.05092	4.385874246
Velocidad de M1	0.05701	4.91042205
Velocidad de M2	0.04374	3.76744186
Velocidad de M3	0.04398	3.788113695
Velocidad de M4	0.04326	3.726098191

ANEXO

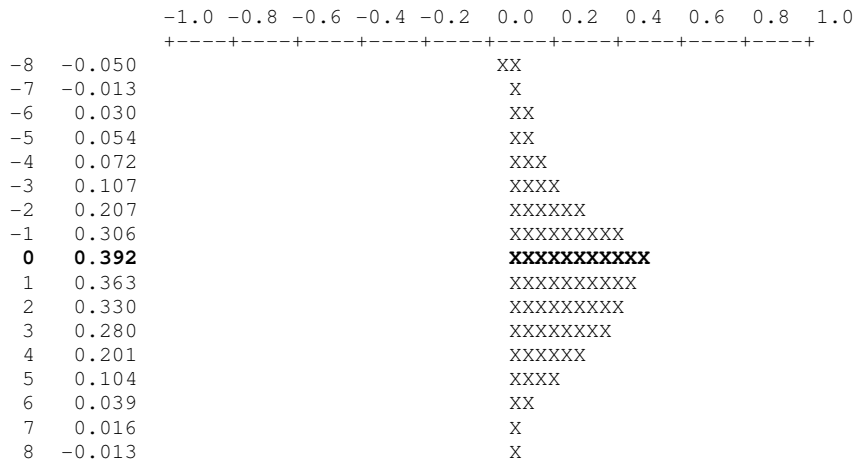
Cuadro 15. Matriz de desviaciones estándar, 1987-2003.

Variable macroeconómica	Desv est.	Desv.est.rel.
PIB	0.01331	1
Gastos de gobierno	0.00913	0.685950413
Consumo	0.01954	1.468069121
Importaciones	0.0568	4.267468069
Exportaciones	0.03938	2.958677686
Inversión bruta	0.0494	3.711495116
M1 deflactado	0.0922	6.927122464
M2 deflactado	0.0495	3.719008264
M3 deflactado	0.0333	2.501878287
M4 deflactado	0.0413	3.102930128
INPC	0.1042	7.828700225
M1	0.084	6.311044328
M2	0.0805	6.048084147
M3	0.0897	6.739293764
M4	0.0805	6.048084147
Velocidad de M1	0.0981	7.370398197
Velocidad de M2	0.0432	3.24567994
Velocidad de M3	0.02723	2.045830203
Velocidad de M4	0.03391	2.54770849

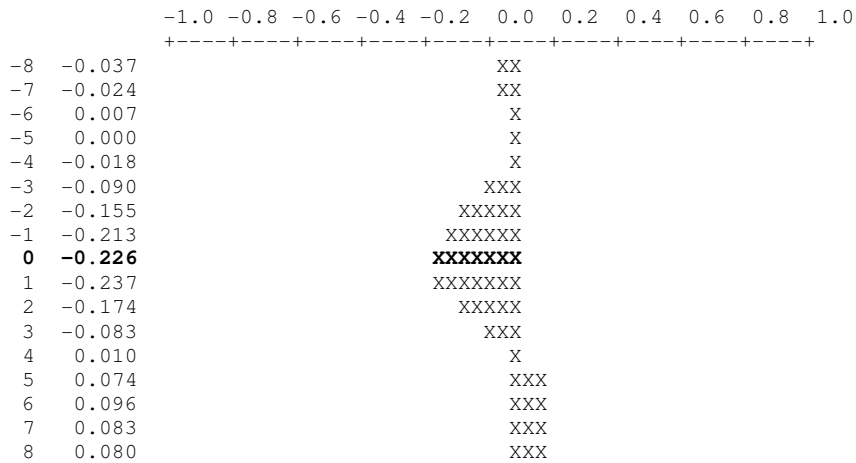
ANEXO

Figura 18. Correlación cruzada del PIB, adelantado y rezagado 8 trimestres con las diferentes variables macroeconómicas, 1987.I-2003.IV.

AGREGADO NOMINAL M1.

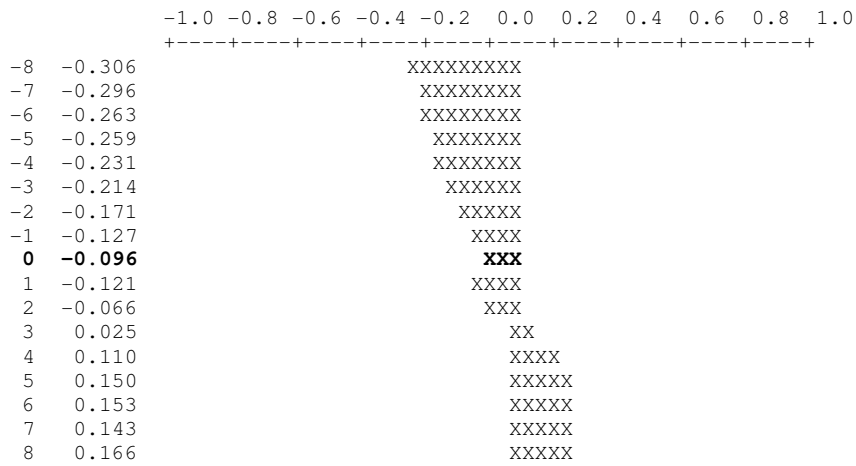


AGREGADO NOMINAL M2.

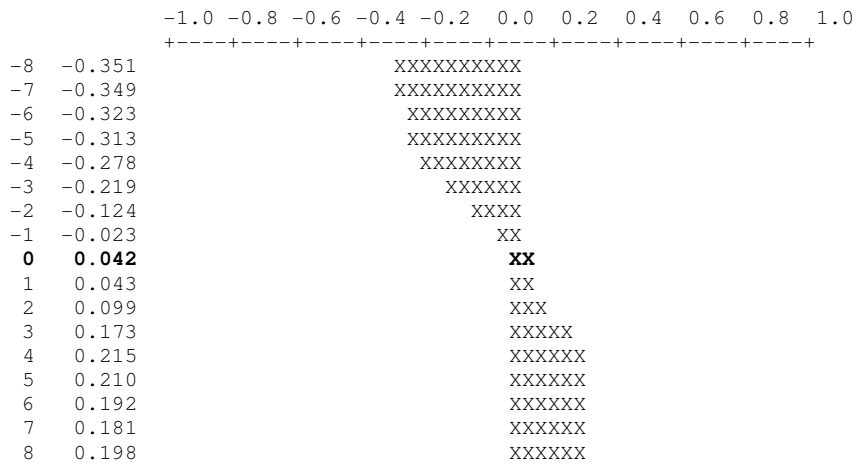


ANEXO

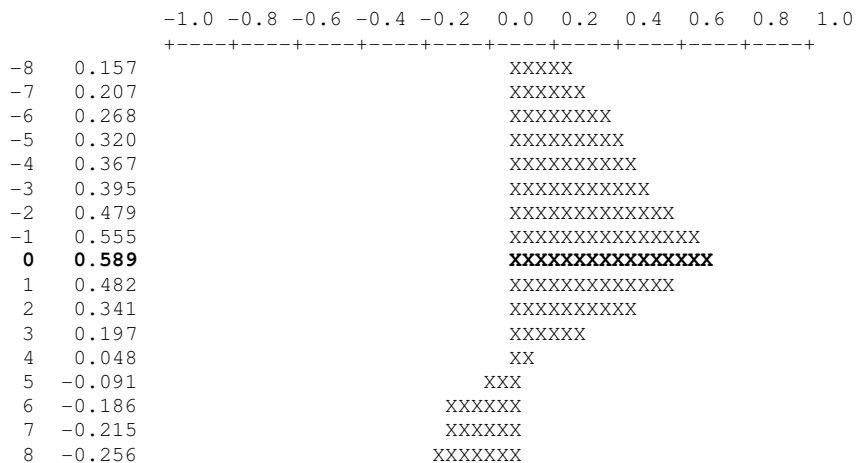
AGREGADO NOMINAL M3.



AGREGADO NOMINAL M4.

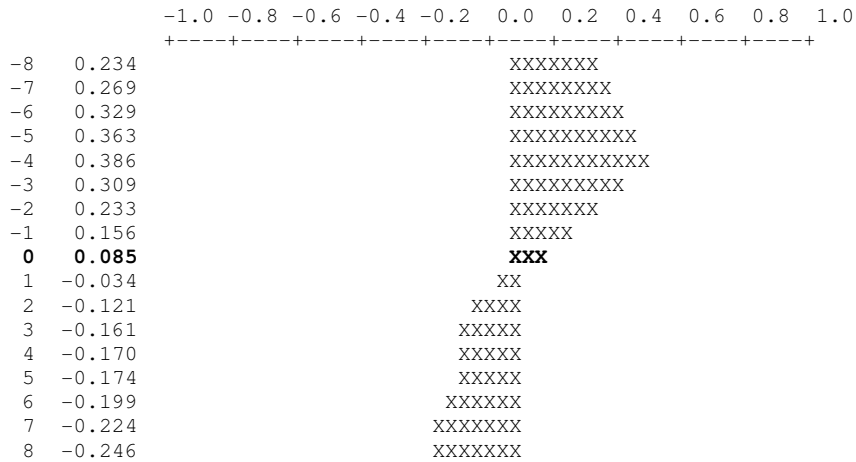


M1 DEFLACTADA.

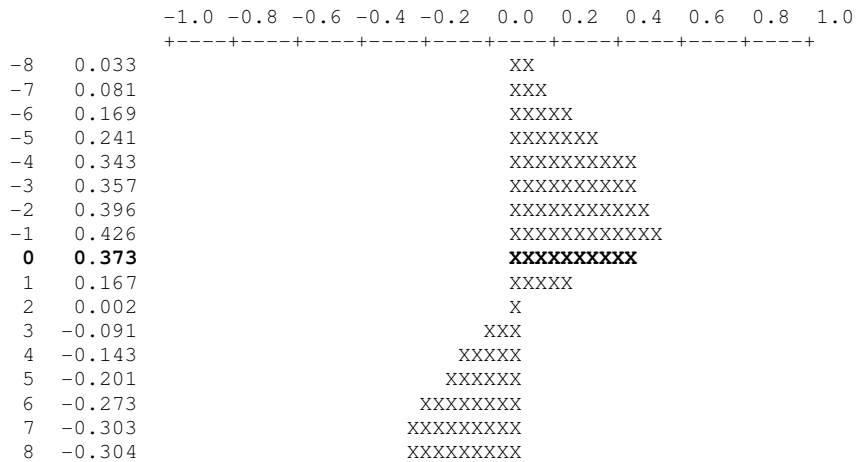


ANEXO

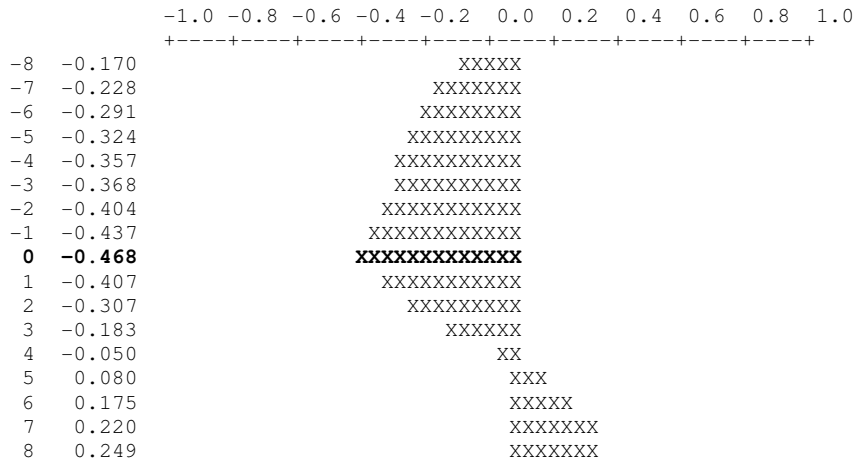
M2 DEFLACTADA.



M3 DEFLACTADA.

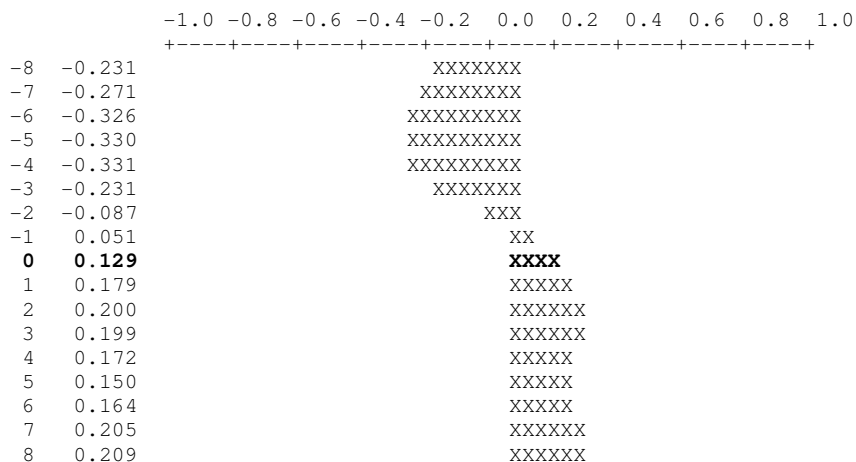


VELOCIDAD DE M1.

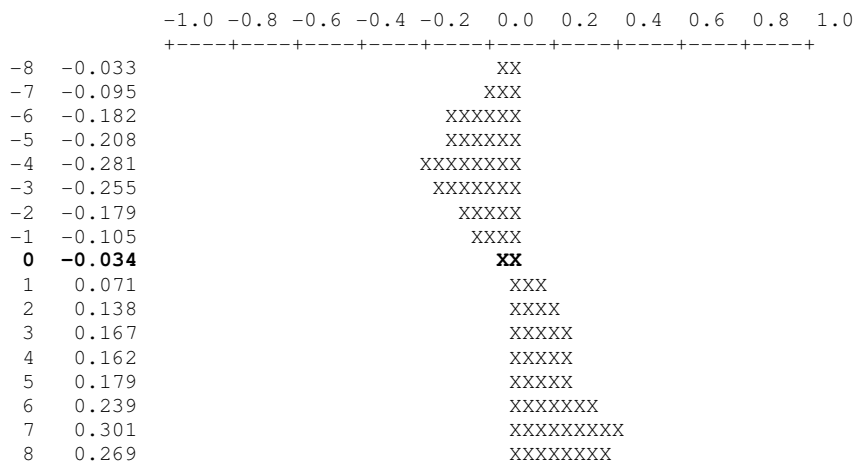


ANEXO

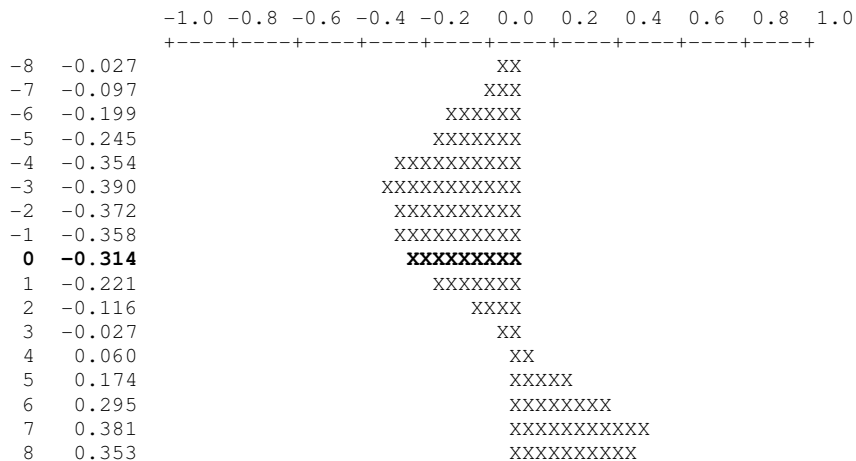
VELOCIDAD DE M2.



VELOCIDAD DE M3.

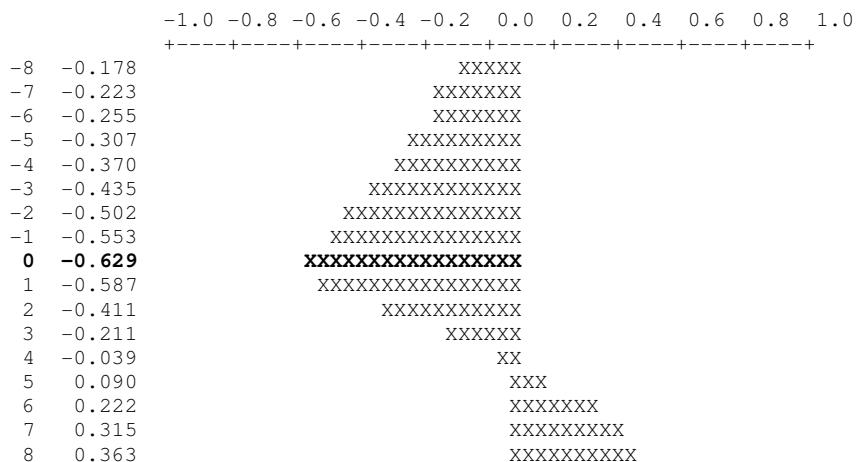


VELOCIDAD DE M4.

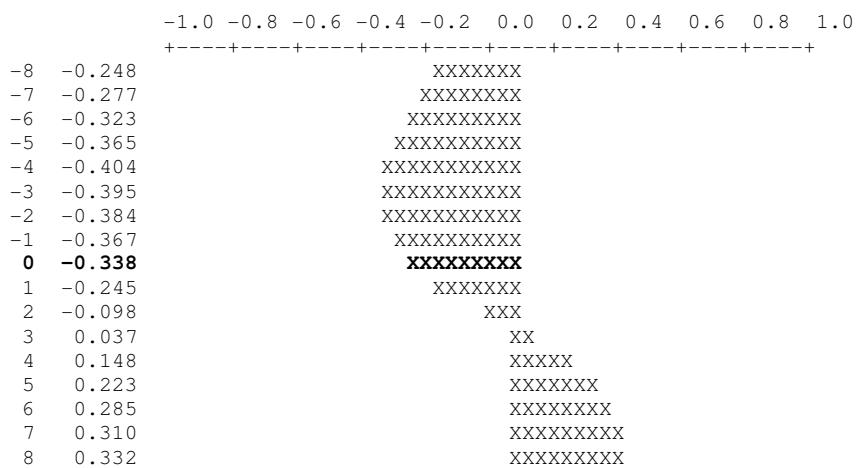


ANEXO

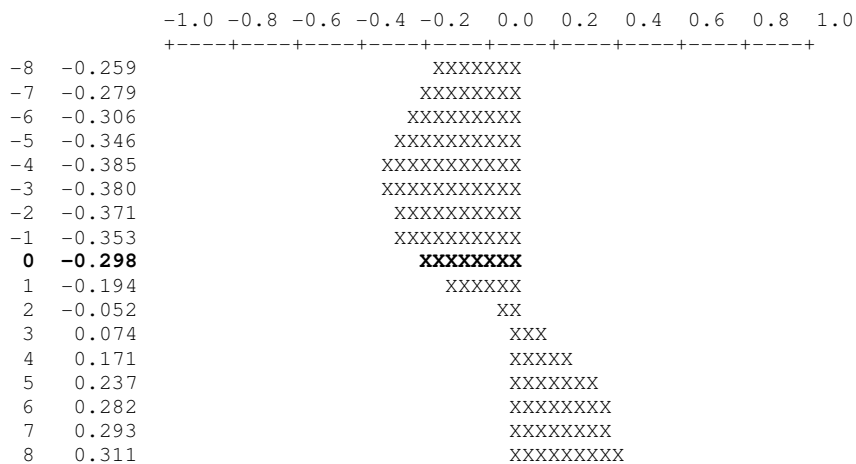
TIPO DE CAMBIO.



ÍNDICE DE PRECIOS IMPLÍCITOS.

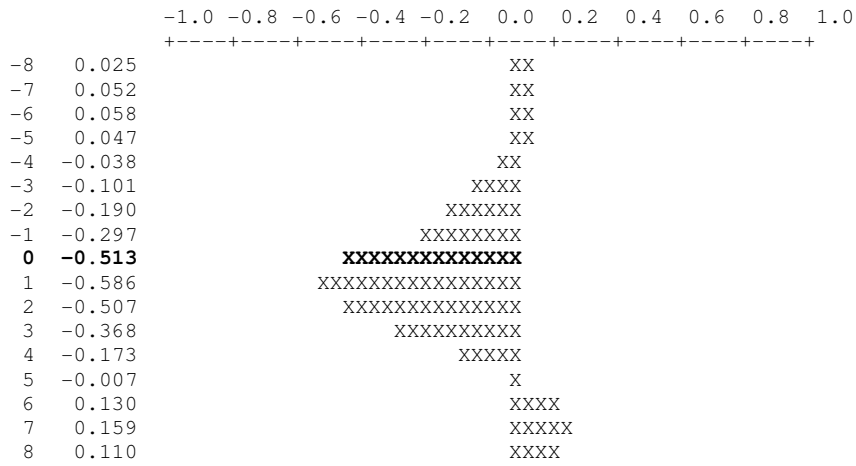


ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR.



ANEXO

CETES.



DEUDA PÚBLICA.

