



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Facultad de Ciencias Económicas y de Administración  
Universidad de la República

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRACIÓN  
Trabajo presentado para obtener el título de Magíster en Economía

Análisis Empírico del Ciclo Económico:  
Uruguay 1988 -2006

Autor: Ec. Gabriela Pacheco  
Tutor: Ms. Alejandro Pena

Montevideo - Uruguay

Diciembre de 2006

---

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis empírico del ciclo económico para Uruguay, en el período comprendido entre Enero de 1988 y Junio de 2006. Siguiendo la definición de ciclo económico de Burns y Mitchell, se pone énfasis en el análisis del comportamiento de un conjunto de variables económicas relevantes y en la dinámica de la actividad económica en las distintas fases del ciclo. Para ello, se propone una metodología que integra la construcción de un indicador cuantitativo del ciclo en un contexto multivariado, con la estimación de un Modelo de Cambio de Régimen de Markov. El modelo se estima considerando tres posibles estados: recesión, crecimiento moderado y crecimiento fuerte.

**Palabras Clave:** análisis del ciclo económico, modelo de cambio de régimen de Markov, indicador de actividad

---

<b>INDICE</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>I. EL ESTUDIO DEL CICLO ECONOMICO.....</b>	<b>3</b>
<i>I.1 ¿Qué se entiende por ciclo económico?.....</i>	<i>3</i>
<i>I.2 El abordaje teórico del ciclo económico.....</i>	<i>4</i>
<i>I.3 El debate entre teoría y medición .....</i>	<i>8</i>
<i>I.4 El análisis empírico del ciclo económico.....</i>	<i>9</i>
<i>I.5 Modelo Factorial Dinámico con Cambio de Régimen.....</i>	<i>15</i>
<b>II OBJETIVOS Y ESTRATEGIA DE ANÁLISIS.....</b>	<b>17</b>
<i>II.1 Antecedentes nacionales.....</i>	<i>17</i>
<i>II.2 La Estrategia de Análisis .....</i>	<i>20</i>
<b>III. METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<i>III.1 Análisis Factorial: Componentes Principales.....</i>	<i>23</i>
<i>III.2 Modelo de Cambio de Régimen de Markov .....</i>	<i>29</i>
<b>IV. APLICACIÓN AL CICLO URUGUAYO.....</b>	<b>36</b>
<i>IV.1 Construcción del indicador del ciclo económico.....</i>	<i>36</i>
<i>IV.2. Estimación del Modelo de Cambio de Régimen de Markov .....</i>	<i>44</i>
<b>V. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA EL ICE Y EL PIB.....</b>	<b>57</b>
<i>V.1 Evolución de ICE y el PIB.....</i>	<i>58</i>
<i>V.2 Modelo de Cambio de Régimen para el ICE y el PIB .....</i>	<i>59</i>
<b>VI ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA POLÍTICA ECONOMICA</b>	<b>62</b>
<i>VI.1 Índice de modificación de política.....</i>	<i>62</i>
<i>VI.2 El estado de la economía y el nivel de actividad en el largo plazo .....</i>	<i>65</i>
<b>VII CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO A: Programa en Gauss.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO B: Estadístico .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO C: Metodológico .....</b>	<b>83</b>

## **INTRODUCCION**

El comportamiento de la actividad económica se caracteriza por la presencia de fluctuaciones a lo largo del tiempo. Esto es, su evolución presenta oscilaciones, fases de crecimiento y caída que se repiten en forma recurrente pero en las que no es posible, en general, identificar patrones regulares de duración.

Las distintas fases se caracterizan por movimientos en los principales agregados macroeconómicos. En particular, en los períodos de recesión, se producen caídas en los niveles de producción, de inversión, de consumo privado y de ingreso. Y, en términos más amplios, se producen deterioros en el mercado de trabajo con pérdidas de puestos de trabajo, incremento del desempleo y del subempleo, con los consecuentes efectos negativos sobre el nivel de vida de la población. Otro aspecto característico es que la dinámica de los agregados económicos puede variar de acuerdo al contexto económico, en otras palabras, existen comportamientos diferentes de acuerdo a la fase del ciclo en que se encuentre la economía.

El hecho que los ciclos abarquen distintos ámbitos de la realidad económica, sumado a la existencia de asimetrías en el comportamiento de las variables en las distintas fases, dificulta la medición y se traduce en la complejidad de las técnicas estadísticas y econométricas utilizadas para su caracterización.

El análisis empírico puede abordarse desde distintas perspectivas. Una vertiente ha sido el estudio del ciclo a través del análisis de los co-movimientos de distintos agregados económicos. Por otro lado se han desarrollado técnicas tendientes a determinar la cronología del ciclo y al estudio del comportamiento de la economía en las distintas fases. Estos trabajos consideran generalmente como variable de análisis, el Producto Interno Bruto. En un trabajo de Diebold y Rudebush (1996) se propone un modelo que integra estas dos perspectivas, proponiendo el abordaje de estos dos aspectos en forma conjunta.

El presente trabajo se plantea como objetivo realizar una caracterización empírica del ciclo de la actividad económica uruguaya. Estos análisis resultan de

interés desde distintos puntos de vista: para el análisis de coyuntura, para la realización de diagnósticos y predicciones así como también para el diseño de medidas de política económica. Para cumplir con este objetivo se propone en primer lugar, la construcción de un indicador del ciclo económico para la economía uruguaya utilizando para ello información de un conjunto de variables económicas relevantes para el período comprendido entre el primer trimestre de 1988 y el segundo trimestre de 2006. La construcción de este indicador que resume la información contenida en los datos considerados, se apoya desde el punto de vista estadístico en la aplicación de un Análisis de Componentes Principales.

Una vez construido el indicador se procede a la identificación de los puntos de giro, proponiéndose para ello un Modelo de Cambio de Régimen de Markov<sup>1</sup>. Dado que los puntos de giro son considerados elementos intrínsecos al comportamiento de la variable analizada, la identificación de los mismos, en esta investigación, complementa el análisis de Componentes Principales, estableciendo un indicador cualitativo de la fase en que se encuentra la actividad económica.

En este sentido, la construcción del indicador del ciclo en un contexto multivariado y el estudio de la cronología del ciclo dan lugar a un análisis desde dos perspectivas, una cuantitativa y otra cualitativa, permitiendo un mayor conocimiento sobre el fenómeno estudiado.

El trabajo se organiza de la siguiente forma: en primer lugar se plantea la definición de ciclo económico que orienta el análisis así como un breve resumen de las visiones teóricas y empíricas del análisis del ciclo económico. En el Capítulo II se expone la estrategia de análisis a seguir en el trabajo. A continuación, Capítulo III, se desarrollan las metodologías utilizadas en el análisis. En el Capítulo IV se presentan los resultados de la aplicación empírica, en el Capítulo V se comparan estos resultados con un modelo para el Producto Interno Bruto y en el Capítulo VI se proponen análisis complementarios derivados de los resultados del modelo estimado. Por último en el Capítulo VII se presentan las conclusiones.

---

<sup>1</sup> Este tipo de modelos recoge los comportamientos asimétricos del indicador analizado, en las distintas fases por la que atraviesa la actividad económica.

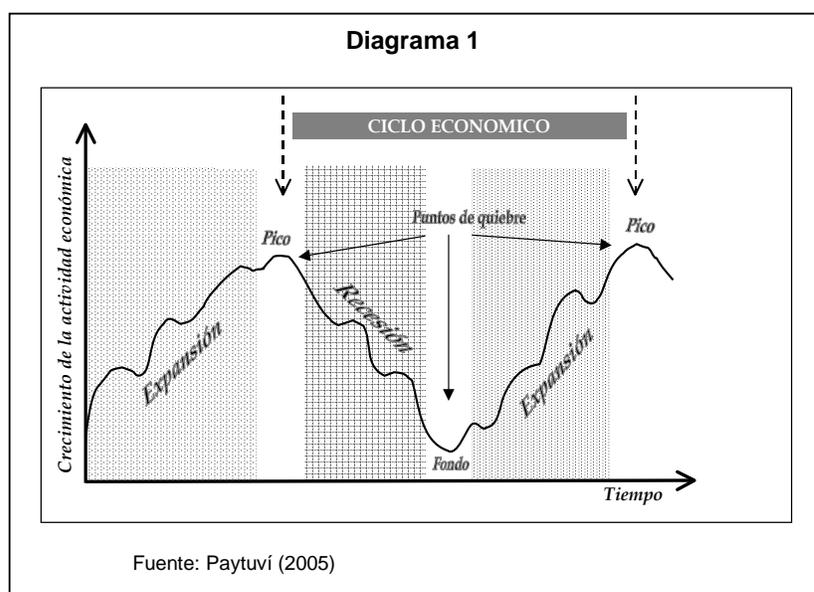
## I. EL ESTUDIO DEL CICLO ECONOMICO

El estudio de las fluctuaciones cíclicas de la actividad económica ha ocupado un lugar importante dentro de la Ciencia Económica remontándose las primeras referencias a los economistas clásicos.

En particular los ciclos económicos y los puntos de giro en el desempeño de la economía son elementos que se encuentran en la base del análisis de coyuntura. El estudio de estos dos conceptos lleva a comprender mejor el fenómeno económico permitiendo explicar el comportamiento de las variables involucradas, así como realizar predicciones más precisas de las mismas.

### I.1 ¿Qué se entiende por ciclo económico?

El ciclo económico<sup>2</sup> refiere a las variaciones de la actividad económica global, de sus agregados macroeconómicos. En general se entiende por ciclo económico las fluctuaciones de corto plazo observadas en la actividad económica agregada. Se identifican distintas fases de estas fluctuaciones, una fase recesiva, el fondo, la fase expansiva y el pico (Diagrama 1).



<sup>2</sup> Se sigue la definición de Burns and Mitchell (1946)

La fase recesiva es aquella en que se verifica un descenso en la producción, la inversión, el empleo y el ingreso, entre otras variables. Este descenso lleva a la economía a su mínimo (fondo) y a partir de allí comienza la fase expansiva. Esta se caracteriza por una mejora en los distintos indicadores de producción, empleo, etc. Este crecimiento continúa hasta alcanzar su pico o fase de auge de la economía.

Picos y fondos constituyen los “puntos de giro” del desarrollo de los ciclos. Estos puntos, son especialmente importantes ya que su presencia es señal de un cambio de fase de la actividad económica.

<b>Cuadro 1</b> <b>Características del Ciclo Económico</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fluctuaciones en la actividad económica agregada</li><li>• Las expansiones y contracciones se dan en un conjunto de aspectos de la realidad económica al mismo tiempo</li><li>• El ciclo se caracteriza por la secuencia recesión, fondo, expansión, pico</li><li>• Las fluctuaciones son recurrentes pero no regulares. Son variadas en cuanto a duración y amplitud.</li></ul>

Entre las características de estas fluctuaciones se destaca, como ya se dijo, que el proceso se observa en un número importante de variables macroeconómicas al mismo tiempo y a su vez, no es posible establecer un patrón de duración de los ciclos así como tampoco de su magnitud. Es decir que el ciclo no tiene un carácter periódico aunque sí recurrente. Estas fluctuaciones se diferencian de otras que como las estacionales sí presentan un ritmo fijo.

## **I.2 El abordaje teórico del ciclo económico**

A lo largo del Siglo XX el análisis del ciclo económico despertó distintos niveles de interés para los economistas. Se trataba de explicar por qué se producen perturbaciones que hacen que el crecimiento de la economía no se produzca de

forma constante. El tema constituyó un punto central durante las primeras décadas del siglo y hasta finalizada la Segunda Guerra Mundial. A partir de allí dejó de estar entre las preocupaciones principales para volver a ese plano luego de los shocks petroleros de la década del 70.

El estudio sistemático de los ciclos económicos tiene su origen en los trabajos realizados en las primeras décadas del Siglo XX por Burns y Mitchell en el ámbito del National Bureau of Economic Research (NBER) de los Estados Unidos. Estos análisis se caracterizaron por tener un enfoque predominantemente estadístico y se basaron en el desarrollo de un método para la medición que mostraba las características básicas del ciclo económico a través de la sistematización de los co-movimientos y variabilidad de las series económicas lo que llevó a la definición básica del ciclo económico.

En la década del 40, desde el punto de vista teórico, primó la visión Keynesiana. Esta fijó como fuente para las perturbaciones que definen el ciclo, los movimientos en variables como la inversión y el consumo privado. El énfasis estuvo puesto en el estudio de las políticas necesarias para atenuar los efectos de estas fluctuaciones.

A principios de la década del 70 resurge el interés por el estudio del ciclo, en este período se destacan los trabajos de los Neo-Clásicos para los cuales los shocks de naturaleza monetaria son los que explican la existencia de las fluctuaciones cíclicas de la economía.

En la década del 80 surgen dos nuevas visiones, la Teoría de los ciclos económicos reales y el enfoque de los nuevos keynesianos.

La Teoría de los ciclos económicos reales (Real Business Cycle Theory) supone que la economía funciona de acuerdo con los modelos walrasianos<sup>3</sup> y se entiende que las perturbaciones provienen básicamente de causas reales, en

---

<sup>3</sup> O sea un modelo competitivo en que precios y salarios se ajustan para alcanzar el equilibrio en los mercados y donde no existen externalidades, asimetrías de información ni otro tipo de imperfecciones.

particular de perturbaciones tecnológicas. La teoría excluye el papel de variables nominales como la oferta monetaria considerando que éstas no tienen efecto sobre las variables reales. Por otra parte, de acuerdo a este enfoque teórico, el gobierno no debería intervenir ante las fluctuaciones, ya que son vistas como mecanismos eficientes de respuesta a cambios en las capacidades de producir, por lo que no hace lugar a la política económica. Entre los rasgos básicos de la Teoría de los ciclos económicos reales se destaca la sustitución intertemporal del trabajo, las perturbaciones tecnológicas, la neutralidad del dinero y flexibilidad de salarios y precios. A partir de aquí se han desarrollado modelos que tratan de levantar algunas de las limitaciones del modelo básico. Entre las líneas de ampliación<sup>4</sup> al modelo básico de Ciclo Económico Real, se destacan en la literatura trabajos que consideran modelos con múltiples sectores, que incorporan el dinero al análisis y modelos no estrictamente walrasianos.

Frente a los planteos de la teoría de los ciclos reales se encuentran los realizados por los economistas de la Nueva Economía Keynesiana. Para esta corriente, las fluctuaciones a corto plazo de la actividad económica son desviaciones respecto a su tasa natural de crecimiento y considera que los modelos basados en el equilibrio de los mercados no pueden explicar las fluctuaciones del nivel de actividad.

Según este enfoque teórico las fluctuaciones de la demanda agregada provocan fluctuaciones a corto plazo sobre la producción y el empleo (Mankiw, 1992). El análisis considera mercados imperfectos con rigidez en el ajuste de precios y salarios las que están en la base de la explicación de las fluctuaciones económicas. Se analizan entonces las razones que explican dicha rigidez mediante el análisis de factores microeconómicos subyacentes al proceso de ajuste de los precios en el corto plazo.

Las fluctuaciones de agregados macroeconómicos como la producción o el empleo, o en forma más genérica de la actividad económica, se originan en perturbaciones sobre la demanda agregada. La existencia de fallas en los mercados hace que precios y salarios se ajusten en forma lenta dando lugar a la

---

<sup>4</sup> Plosser (1989) y Romer (2002)

existencia de fluctuaciones. En particular se destacan los modelos con fallos de coordinación que dan lugar a equilibrios múltiples.

En el marco de estos modelos, la existencia de fenómenos como el efecto derramamiento (*spillover effect*) y de estrategias complementarias estarían en la base de la explicación de la existencia de fluctuaciones económicas.

El “efecto derramamiento” refiere a la situación en la cual las estrategias adoptadas por otros agentes afecta nuestra propia retribución y el de “estrategias complementarias” a aquella en que las estrategias de los demás afecta nuestra propia estrategia óptima.

Estos fenómenos pueden tener importantes efectos macroeconómicos. En la literatura se pone como ejemplo la aparente existencia de rendimientos a escala crecientes que puede deberse a externalidades asociadas a niveles altos de producto vinculados a la presencia de “efecto derramamiento” y “estrategias complementarias” más que con rendimientos de tipo tecnológico. Por otra parte, estos modelos también explican situaciones en las que la economía se encuentra en un equilibrio de producto bajo y la existencia de fallas de coordinación no permite el cambio a un equilibrio con un mayor nivel de producto<sup>5</sup>.

Más recientemente la literatura sobre el análisis de los ciclos económicos ha puesto su interés en la idea que pueden existir fluctuaciones en producto, empleo, consumo e inversión incluso en ausencia de shocks sobre los fundamentos económicos, originadas en “profecía autocumplida” (*self-fulfilling prophecy*) de la propia variable de análisis. La utilización de este término en el análisis económico refiere al artículo de Azariadis (1981) en el cual se plantea que incluso economías bien comportadas, admiten equilibrios con expectativas racionales en los que las propias expectativas llevan a fluctuaciones en el nivel de actividad.

---

<sup>5</sup> Diebold y Rudebusch (1996)

### **I.3 El debate entre teoría y medición**

En el análisis del ciclo económico uno de los aspectos que ha generado mayor debate tiene que ver con el rol que cumplen en estas investigaciones la teoría económica y la medición.

A principios del siglo XX el análisis del ciclo económico estuvo determinado por los trabajos realizados en el marco de la NBER por Wesley Mitchell las que como se dijo antes tuvieron una aproximación básicamente empírica. Esta posición defendía el papel de la economía aplicada más allá de la verificación de hipótesis, entendiéndose que la observación y medición también cumplen un rol en cuanto a la formulación de hipótesis teóricas. Se desarrolló entonces una pormenorizada descripción empírica del comportamiento del ciclo económico que constituye, según esta visión, un primer paso en el desarrollo de una teoría general del comportamiento del ciclo económico.

Esta posición fue fuertemente cuestionada por Koopmans (1947) quien la describió como “medición sin teoría”. Su crítica se basaba en el método empleado por Mitchell de analizar un gran número de series económicas sin un marco teórico formal. La visión metodológica detrás de esta posición entiende que la teoría económica formula hipótesis contrastables las que pueden formar parte de los modelos econométricos. Los tests empíricos cumplen el papel de contrastar y corroborar o no la teoría económica detrás de ellos.

Si bien los planteos de Mitchell tuvieron un rol muy importante en cuanto a la medición estadística, el objetivo de construir una teoría del ciclo económico no fue alcanzado por los trabajos realizados en el NBER. La visión propuesta por Mitchell fue entonces suplantada por los desarrollos teóricos keynesianos y la construcción de modelos macroeconómicos.

En la década de los 70 el debate entre teoría y medición surgió nuevamente ante las críticas que desde ambas posturas se hace a los modelos keynesianos. Las críticas desde el punto de vista teórico fueron expuesta por Lucas (1976),

mientras que desde el punto de vista empírico fueron expuestas por Sims (1980) basándose en las restricciones impuestas en los modelos.

A partir de los trabajos de Sims resurge la aproximación empírica para el estudio del ciclo. Este autor pone el énfasis en el desarrollo de modelos estadísticos para analizar el ciclo. Sus trabajos llevan al desarrollo de modelos de vectores autorregresivos, que reflejan su preocupación por la dinámica de las series que conforman el sistema económico. Este enfoque recibió muy pronto críticas de representantes de la teoría económica (Klein, Cooley, Le Roy) de la misma manera que fueron criticados los trabajos de Mitchell, retomándose entonces el debate.

Frente a las críticas de Sims y Lucas surgieron los modelos del ciclo económico real, apoyados, desde el punto de vista empírico, por los trabajos de Kydland y Prescott (1982), a su vez criticados por los “nuevos empiristas”.

Recientemente algunos autores plantearon que el cierre de este debate se encontraría en pensar a la economía como una ciencia en la cual tanto la teoría como la observación tienen roles complementarios. Esto llevaría a considerar tanto los aspectos teóricos como empíricos en los modelos macroeconómicos y en este contexto tanto la teoría como la observación y medición empírica realizan importantes contribuciones al avance del conocimiento económico.

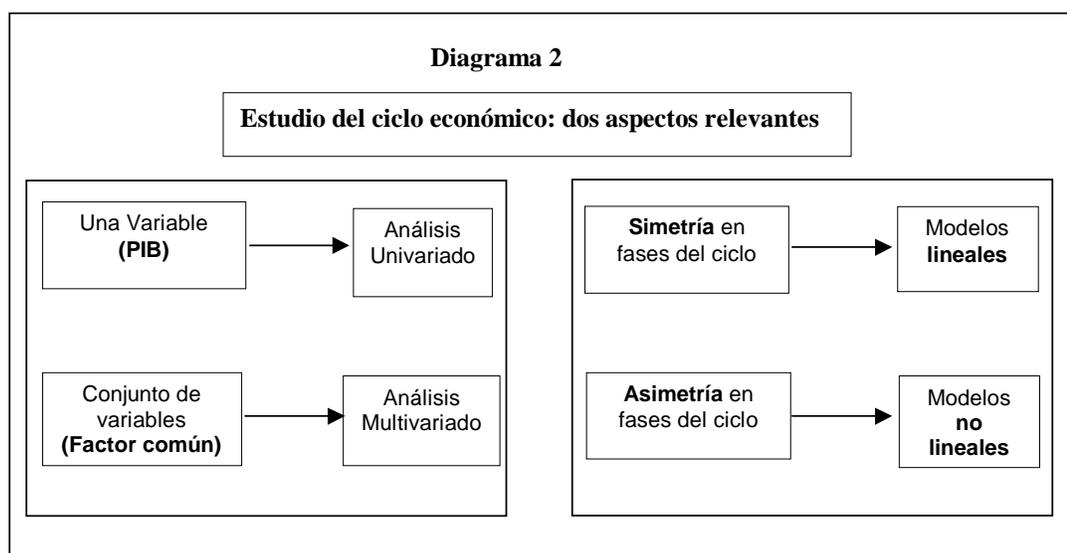
#### **1.4 El análisis empírico del ciclo económico**

El análisis empírico del ciclo económico se destaca por la gran cantidad de propuestas metodológicas existentes para abordarlo. En la primera mitad del siglo XX la atención se puso en dos características básicas del ciclo económico: la existencia de co-movimientos en un gran número de variables económicas y la existencia de diferencias de comportamiento en la fase expansiva y contractiva. Más tarde muchos de los modelos de análisis que tomaron vigencia, dejaron de lado ambos atributos y la modelización se hizo siguiendo representaciones lineales de los agregados macroeconómicos.

Seguidamente se desarrollaron modelos que tomaban en cuenta aquellas características pero en forma separada, éstos son los modelos de Factor Dinámico

para obtener el factor común a un conjunto de magnitudes económicas relevantes y el desarrollo de modelos no lineales para describir los cambios de fases.

En este apartado se realiza una breve síntesis de las diferentes propuestas sobre el estudio del ciclo económico, siguiendo para ello la presentación y clasificación de los enfoques hecha por Cancelo (2004).



La clasificación se basa en la consideración de dos aspectos básicos a tener en cuenta para la elección de las metodologías a aplicar y los análisis a realizar de sus resultados. Estos dos aspectos son, en primer lugar, distinguir entre aquellos métodos que realizan el análisis del ciclo económico en un contexto univariado y aquellos que optan por realizarlo en un contexto multivariado. En segundo lugar, determinar si las metodologías permiten o no dinámicas asimétricas de los indicadores en las distintas etapas del ciclo.

#### **I.4.1 Análisis univariado vs Análisis multivariado**

El primer aspecto de la clasificación distingue entre aquellos métodos que consideran que el estudio del ciclo puede realizarse mediante el análisis de una única magnitud macroeconómica (análisis univariado) y aquellos que sostienen que es necesario considerar un conjunto de variables económicas referentes a distintos

procesos económicos significativos (análisis multivariado) que reflejen, en conjunto, el comportamiento de la actividad económica. En este caso el indicador del ciclo se interpreta como el “factor común” a un conjunto de variables relevantes para el análisis de la actividad económica.

Dentro del primer enfoque se encuentra La Literatura de los Hechos Estilizados. Esta visión supone que es posible abordar el estudio del ciclo económico mediante el análisis de una única magnitud económica y se trata de extraer información de esta variable mediante técnicas de extracción de señales. En este caso no se permiten comportamientos diferentes atendiendo a la etapa del ciclo. En la perspectiva de análisis univariado, en general, la variable elegida es el Producto Interno Bruto (PIB). Esta elección se basa en que el PIB es uno de los indicadores económicos más generales y se interpreta el ciclo a través de sus crecimientos y caídas.

En oposición a esta estrategia de análisis univariado surge la literatura sobre la construcción de indicadores sintéticos en un contexto multivariado. En este tipo de análisis se trata de encontrar el “factor común” a un conjunto de variables relevantes de forma de identificar las fluctuaciones en la actividad económica agregada, o sea que se plantea el problema de la disminución de dimensiones. A partir de esta visión se han desarrollado un conjunto de técnicas para el análisis de los co-movimientos de las variables y la construcción de indicadores sintéticos. Estos a su vez pueden estimarse siguiendo distintas metodologías entre las que se destacan: la metodología originada en el NBER, los modelos de estimación de Factor Dinámico propuestos por Stock y Watson, estimaciones basadas en Análisis de Componentes Principales, entre otras.

Más recientemente surgieron el Modelo Factorial Dinámico Generalizado y el modelo de Índices de Difusión. Estos se caracterizan por eliminar la etapa previa de análisis y selección de indicadores candidatos a conformar el indicador sintético, incluyendo entonces un gran número de variables en el análisis.

Estos métodos tienen en común su desarrollo en un contexto lineal y por lo tanto se caracterizan por no permitir comportamientos asimétricos dejando de lado

la característica de la definición de ciclo económico que hace referencia a ellos. En el Cuadro 2 se presenta una clasificación de los principales métodos presentados considerando las dos características señaladas.

<b>Cuadro 2</b>		
<b>Clasificación de métodos – Análisis del ciclo económico</b>		
<b>Contexto</b>	<b>Metodología</b>	<b>Comportamiento asimétrico</b>
Univariado	Literatura de los hechos estilizados	No
Multivariado	<b>Literatura de construcción de indicadores sintéticos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NBER</li> <li>• Modelos de Análisis Factorial</li> <li>• Modelo Factorial Dinámico Generalizado</li> </ul>	No No No
	<b>Modelos de Cambio de Régimen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos TAR</li> <li>• Modelos bifactoriales</li> <li>• MSM-VAR</li> <li>• Modelo Factorial Dinámico con Cambio de Régimen</li> </ul>	Si Si Si Si
Elaborado sobre la base de Cancelo (2004) y Kholodilin (2003)		

#### I.4.2 La cronología del ciclo

El segundo aspecto considerado para la clasificación de las distintas metodologías de análisis hace referencia a la existencia de asimetrías cíclicas resultado del diferente comportamiento de la economía en las distintas etapas del ciclo.

La identificación de los puntos de giro, también admite diversos métodos alternativos. Entre ellos se destacan métodos empiristas y métodos no lineales basados en modelos.

En el caso de los primeros la identificación de los puntos de giro se realiza mediante la aplicación de reglas de decisión que se basan en la observación del comportamiento de la serie y en el conocimiento acumulado por el analista. La

simplicidad es el aspecto más destacable de estos métodos pero no resultan adecuados para la realización de predicciones.

Los métodos basados en modelos estadísticos para la serie de interés considera a los puntos de giro un elemento intrínseco al funcionamiento de la misma y “su propia dinámica interna genera observaciones especiales que permiten identificar intervalos diferenciados en su evolución”<sup>6</sup>. Entre estos modelos se señalan en la literatura como los más usados los Modelos TAR (autorregresiones por factores) y los Modelos de Cambio de Régimen Markoviano (MCRM).

Los modelos TAR<sup>7</sup> representan un marco metodológico para el análisis de comportamientos no lineales de las variables. Estos incorporan regímenes que pueden interpretarse como estados de expansión o recesión. En este caso el cambio de estado o de régimen responde a una variable observable.

Los MCRM ponen el énfasis en la determinación del estado de la economía en un momento dado desde un punto de vista cualitativo. La modelización permite que los parámetros varíen con el ciclo, o sea dan lugar a la existencia de asimetrías. Asimismo se calculan las probabilidades de que la economía se encuentre en determinado régimen condicionada a la evolución observada de la variable.

Uno de los elementos más interesantes de la metodología de cambio de régimen es la interpretación económica de los parámetros del modelo. Estos brindan información sobre la tasa de crecimiento de la variable analizada en cada uno de los regímenes además de las probabilidades de cambio de fase del ciclo presentadas en la matriz de transición.

Una extensión al modelo levanta el supuesto de probabilidades constantes planteando una Matriz de Transición con probabilidades variables en el tiempo.

---

<sup>6</sup> Abad, Cristóbal y Quilis (2000)

<sup>7</sup> Lanzilotta (2006)

<b>Cuadro 3</b>	
<b>Identificación de puntos de giro</b>	
Metodología	Características
Métodos empiristas	Identificación de los puntos de giro se centra en propiedades observables de la serie que se analiza.
Métodos basados en modelos estadísticos	La dinámica interna de la serie genera observaciones que identifican la transición entre un régimen y otro. Entre ellos se destacan los modelos TAR y los modelos markovianos de cambio de régimen.
Elaborado con base en Abad et al (2000)	

Los modelos TAR y de Cambios de Régimen de Markov presentan similitudes en cuanto a los elementos no lineales presentes y a las estructuras autorregresivas utilizadas pero se diferencian en su especificación y estimación. La principal diferencia radica en la estructura de la variable que representa el estado de la economía. En los modelos TAR se trata de una variable observable mientras que en el caso de los MCRM es no observable y se representa mediante una cadena de Markov.

El modelo original de Hamilton proponía el análisis en un marco univariado, suponiendo que una única variable resume la información relevante<sup>8</sup>. Frente a las críticas por su carácter univariado surgieron propuestas de modelos basados en la estimación de Vectores Autorregresivos (VAR) con cambio de régimen. Estos por su parte se concentran en la distinción entre estados pero no proporcionan un indicador de tipo cuantitativo para el ciclo.

Diebold y Rudebusch (1996) realizan una revisión crítica de los modelos que se venían utilizando para el análisis del ciclo llegando a la conclusión que la forma más adecuada para abordar el análisis es por medio de modelos que integren estas dos visiones. Estos modelos se basan en (Cancelo, 2004):

<sup>8</sup> El trabajo utiliza la serie del PIB de los Estados Unidos

- considerar al ciclo como un componente no observable común a un conjunto de variables económicas
- incorporar a los modelos el comportamiento asimétrico de ese factor según la fase del ciclo en la que se encuentre

Esta visión da lugar a los llamados modelos de Factor Dinámico con Cambio de Régimen y se basa en la modelización conjunta de dos indicadores, el primero es un indicador de tipo cuantitativo que viene dado por el factor común al conjunto de variables económicas relevantes para el análisis del ciclo y el segundo es un indicador cualitativo que refleja las fases por las que atraviesa el ciclo económico de acuerdo a lo que se explicara antes.

De los diferentes modelos presentados, en la literatura se señala el Modelo Factorial Dinámico con Cambio de Régimen como el más adecuado para el análisis empírico del ciclo económico<sup>9</sup>. Otros autores relativizan su aporte en particular al considerar los complicados métodos de estimación que implica la resolución del modelo.

### **I.5 Modelo Factorial Dinámico con Cambio de Régimen**

Como fuera expresado anteriormente el modelo Factorial Dinámico con Cambio de Régimen fue originalmente presentado por Diebold y Rudebusch en un trabajo de 1996. La idea básica es establecer un Modelo de Factor Dinámico en el cual el factor cambia de régimen.

La principal ventaja del modelo es dar un marco de análisis integrado al estudio del ciclo en sus dos aspectos relevantes. Desde un punto de vista teórico Kholodilin (2003) plantea que el atractivo está en combinar las ventajas del Método de Factor Dinámico de Stock y Watson, en cuanto a captar los co-movimientos presentes en las distintas fases del ciclo, con las del Modelo de Cambio de Régimen de Markov en cuanto a la consideración de las asimetrías entre los

---

<sup>9</sup> Ver Kholodilin (2003) y Cancelo (2004)

distintos regímenes. El modelo es básicamente el mismo de Stock y Watson con la extensión de permitir el cambio de régimen.

Formalmente el modelo se expresa como:

$$\Delta y_t = \gamma(L)\Delta L_t + u_t$$

$$\Delta C_t = \mu(s_t) + \varphi(L)\Delta C_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\psi(L)u_t = \eta_t$$

donde:  $y_t$  es el vector (nx1) de variables observables

$C_t$  es el factor dinámico común en niveles

$u_t$  es el vector (nx1) de componentes idiosincráticos

$s_t$  es la variable que representa el régimen y toma m valores

El término  $\mu(s_t)$  y la varianza de los disturbios del factor común  $\sigma_\varepsilon^2(s_t)$  son diferentes para los distintos regímenes.

## II OBJETIVOS Y ESTRATEGIA DE ANÁLISIS

El presente trabajo se plantea como objetivo realizar una caracterización empírica del ciclo de la actividad económica uruguaya. Este tipo de análisis resulta relevante para el análisis de coyuntura en la medida que permite un mayor conocimiento del funcionamiento de la economía en general y en particular del comportamiento de las variables analizadas. Estos elementos resultan especialmente importantes para la realización de diagnósticos y predicciones e incluso para el diseño de medidas de política económica.

En Uruguay el ciclo económico ha sido objeto de estudio de un importante número de trabajos que lo han abordado desde diferentes perspectivas. A continuación se resumen brevemente algunos estudios más recientes sobre el tema y que son los que constituyen los antecedentes más directos de esta investigación.

Seguidamente se presenta la estrategia de análisis empírico elegida mediante la cual se pretende alcanzar el objetivo planteado de caracterizar el ciclo de la actividad económica uruguaya.

### II.1 Antecedentes nacionales

En este apartado se realiza una breve síntesis de los principales resultados alcanzados por trabajos recientes cuyos enfoques resultan relevantes para el análisis que se propone más adelante.

En relación a la elaboración de indicadores de actividad económica Masoller (2002) construye un indicador sintético de la actividad económica uruguaya, en base al modelo de factores dinámicos de Stock y Watson para el período comprendido entre 1989 y 2001. Se basa en que la dinámica de las variables está determinada por un componente no observado que puede interpretarse como una proxy del *estado de la economía* en cada momento. Este modelo implica la construcción de un indicador coincidente a partir de un conjunto de cuatro

variables<sup>10</sup>. El indicador denominado ISAE (Indicador sintético de actividad económica) se interpreta como el estado de la economía y presenta una serie de ventajas entre las que se destacan la simplicidad del cálculo, la disponibilidad con anterioridad a las estimaciones del PIB y su capacidad predictiva del nivel de actividad. Como conclusión el autor plantea que el indicador construido es capaz de predecir adecuadamente los valores contemporáneos y futuros del PIB uruguayo.

En cuanto a la aproximación mediante el uso de modelos no lineales Pena (2003) realiza una caracterización empírica del ciclo económico del Uruguay en base a un modelo de cambio de régimen. El objetivo del trabajo es caracterizar la tendencia de largo plazo del PIB atendiendo la incidencia del ciclo en los movimientos registrados en dicha variable en el corto plazo. Se consideran tres estados posibles, uno de *auge* o crecimiento fuerte, otro de *recesión* y un tercer estado intermedio de *crecimiento moderado* y se utiliza para el análisis la serie del PIB trimestral para Uruguay para el período comprendido entre 1970 y 2003. El autor opta por modelar el cambio de régimen como gobernado por una cadena de Markov. En el trabajo, se realiza una caracterización del ciclo económico uruguayo, a partir de los resultados del Modelo de Cambio de Régimen. Asimismo, se analiza su relación con el ciclo regional e internacional. Los resultados evidencian que las recesiones en la República Argentina anteceden a las ocurridas en Uruguay y que dicha economía también presentaría un cierto efecto arrastre sobre la economía uruguaya en períodos de crecimiento. Por último respecto al contexto internacional los períodos de crecimiento de la economía uruguaya se darían dentro de períodos de auge de la economía mundial mientras que las recesiones mundiales profundizarían las recesiones relacionadas con factores internos y/o regionales.

Recientemente Lanzilotta (2006) se plantea como objetivo discutir el aporte de la utilización de índices líderes en el análisis macroeconómico, en el diagnóstico de la coyuntura y su rol en la predicción. Propone dos índices coincidentes y dos índices adelantados para predecir el índice de volumen físico del Producto Interno Bruto con modelos lineales y no lineales. En cuanto a los índices coincidentes

---

<sup>10</sup> Las variables utilizadas fueron: recaudación real del IVA, importaciones de bienes, índice de volumen físico de la industria manufacturera y ventas de cemento portland para obras privadas

plantea un Índice coincidente corto (ICC) y un Índice coincidente largo (ICL). El primero se compone de seis variables<sup>11</sup> y se estima mediante un modelo lineal mientras que el ICL se construye a partir de ocho indicadores<sup>12</sup> y responde a un modelo no lineal (TAR). Los indicadores adelantados se construyeron sobre la base de tres variables<sup>13</sup>. Resulta relevante para el análisis, en particular del indicador no lineal, la inclusión de una variable que recoge las expectativas de los empresarios. Estas presentan un comportamiento asimétrico según la fase del ciclo, esto es inciden de distinta forma sobre la actividad económica futura según el estado de la economía. En general, los indicadores adelantados mostraron un mejor desempeño predictivo respecto a los coincidentes. En períodos de fluctuaciones es el indicador no lineal el que aporta mayor información y en períodos de estabilidad en cambio es el construido en base a un modelo lineal el que presenta un mejor desempeño.

Por último es de destacar el trabajo de Badagián y Rodríguez (2003). Estas autoras estudian la existencia de dinámicas no lineales para el PIB de Argentina, Brasil y Uruguay. Se analiza la existencia de dos tipos específicos de asimetría, transversal y longitudinal. La primera se da cuando durante las recesiones los valles son más profundos que el alto de los picos en expansión. La asimetría longitudinal se da cuando la caída del producto en las recesiones es rápida y las recuperaciones lentas. De acuerdo a los resultados hay evidencia de asimetría tipo transversal en el PIB uruguayo aunque no es contundente.

---

<sup>11</sup> Las variables seleccionadas para el ICC fueron: el índice de volumen físico de la industria exportadora, el índice de volumen físico de la industria de comercio intra-rama, el consumo de cemento, las importaciones de bienes de capital e intermedios y la facturación de energía eléctrica de UTE

<sup>12</sup> En el caso del ICL las variables utilizadas fueron: índice de volumen físico de la industria exportadora, el de la industria de comercio intra-rama y el de la industria sustitutiva de importaciones, la facturación de UTE en MWh, el consumo de cemento, los minutos de llamadas interurbanas y la facturación de automóviles 0 km

<sup>13</sup> Las variables que componen estos indicadores son las expectativas de los empresarios de la industria manufacturera, el componente tendencial del indicador mensual de actividad argentino y el precio del petróleo.

## **II.2 La Estrategia de Análisis**

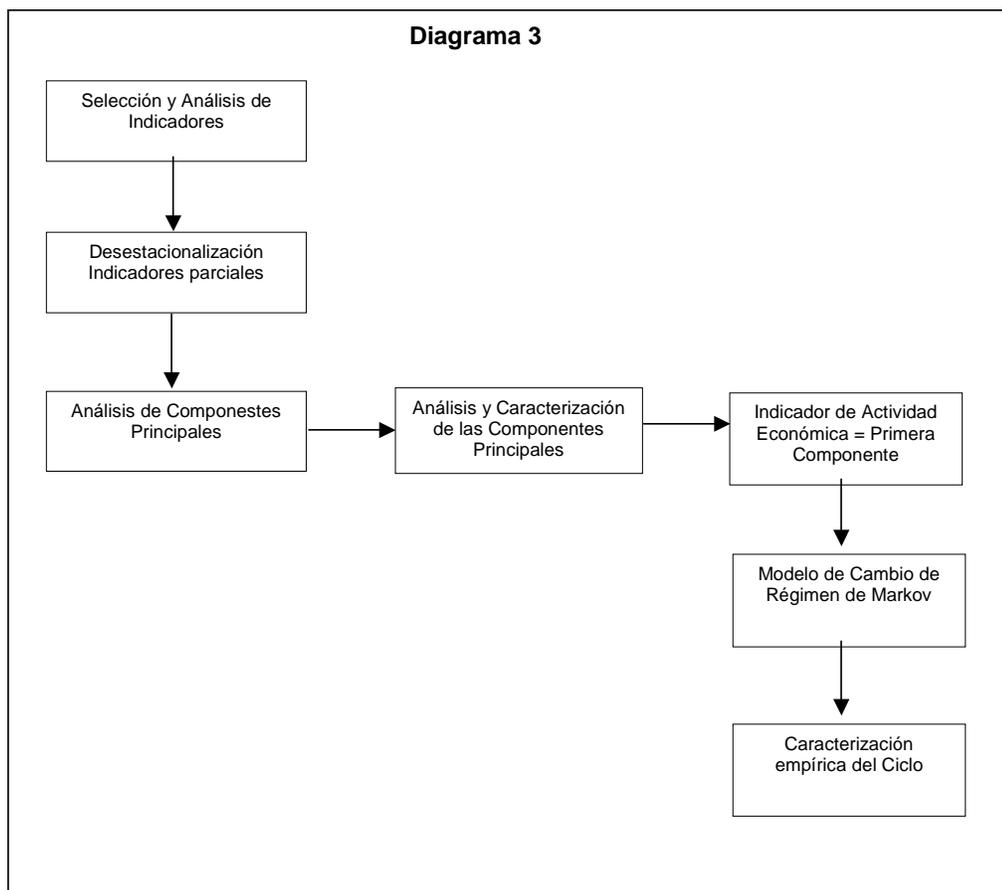
De acuerdo al objetivo de caracterizar empíricamente el ciclo de la actividad económica uruguaya, este trabajo propone una metodología de construcción de indicadores que permitan detectar y predecir los puntos de giro del ciclo económico, combinando para ello un enfoque de análisis multivariado y un modelo no lineal de cambio de régimen.

Se parte de la definición de ciclo económico de Burns y Mitchell por lo que la estrategia de análisis y la metodología seleccionada tienen en cuenta los dos aspectos básicos contenidos en la misma, es decir, captar por un lado las fluctuaciones que afectan a un conjunto de variables de la realidad económica en el mismo momento del tiempo y por otro, determinar la existencia de puntos de quiebre que señalen el pasaje de fases de expansión a recesión y viceversa.

Para alcanzar este objetivo, se opta por la caracterización del ciclo económico utilizando un proceso en dos etapas, mediante el cual se aprovechen a la vez las ventajas de utilizar técnicas de análisis multivariado de datos y la consideración de asimetrías de comportamiento de acuerdo a la fase del ciclo en la que se encuentre la actividad económica.

En la primera etapa se procede a la estimación del indicador cuantitativo y en la segunda a determinar los puntos de giro y a la caracterización el ciclo, mediante la interpretación de los parámetros del modelo.

Esta estrategia resulta adecuada para capturar las principales características del ciclo económico enunciadas en la definición adoptada en la investigación.



Para la estimación del indicador cuantitativo se utiliza la técnica de Análisis Factorial por Componentes Principales (ACP). Esta permite analizar la información contenida en una matriz de datos, a través de factores incorrelacionados que evidencian distintos aspectos del fenómeno analizado, logrando asimismo reducir las dimensiones del análisis sin pérdida de información esencial. Además de encontrar ese factor, combinación lineal de las variables, que sintetiza la información contenida en la matriz de datos analizada, el ACP permite la caracterización del factor y brinda un conjunto de herramientas para su evaluación tanto en relación a la varianza explicada, como también en cuanto a la calidad de representación lograda para las observaciones en los nuevos ejes. El análisis de estos resultados resulta muy importante por su aporte a la mejor comprensión del fenómeno estudiado. Asimismo la utilización de este enfoque con el objetivo planteado resulta novedoso en nuestro medio.

El análisis de los puntos de giro se aborda mediante un Modelo de Cambio de Régimen de Markov. Este modelo identifica los distintos regímenes permitiendo diferente comportamiento de la variable analizada en cada uno de ellos, obteniéndose a su vez las probabilidades de encontrarse en los distintos estados en cada instante del tiempo<sup>14</sup>. El Modelo de Cambio de Régimen de Markov considera las distintas fases del ciclo económico como fenómeno intrínseco al mismo, por lo que no requiere identificación a priori de las mismas. La característica básica, que lo diferencia de los modelos TAR, está en la estructura de la variable de estado  $s_t$  que es la que permite la definición estricta de los puntos de giro. Un elemento fundamental a tener en cuenta son las posibilidades de análisis que brinda el modelo a partir de la interpretación de sus parámetros. En particular la interpretación de la matriz de probabilidades de transición permite analizar características como las asimetrías entre las fases de expansión y contracción o la dependencia respecto a la duración del ciclo entre otras.

Desde un punto de vista teórico, la utilización de los modelos de cambio de régimen tienen su correlato en los modelos teóricos de equilibrios múltiples con fallas de coordinación. Los modelos de cambio de régimen resultan una buena aproximación para el análisis de la dinámica de los equilibrios múltiples producidos por estos fenómenos. Asimismo varios trabajos también plantean que estos modelos resultan adecuados para captar situaciones en que las fluctuaciones ocurren sin la presencia de shocks, o sea que se consideran endógenas al modelo y se entiende que se originan en la existencia de “profecías autocumplidas”.<sup>15</sup> En este contexto la determinación de los puntos de giro pasa a tener un papel central en la caracterización de los ciclos y además es susceptible de modelización y predicción.

Se entiende que la aproximación propuesta mediante la estimación en dos etapas es, sin embargo, una alternativa adecuada para tratar de caracterizar empíricamente el ciclo económico, constituyendo un aporte interesante a los trabajos realizados sobre el tema en Uruguay.

---

<sup>14</sup> Johnson (2000)

<sup>15</sup> Azariadis (1981); Farmer y Ting Guo (1993)

### III. METODOLOGIA

#### III.1 Análisis Factorial: Componentes Principales<sup>16</sup>

##### III.1.1 Características generales del procedimiento

El Análisis Factorial tiene como objetivo la extracción de información esencial de una matriz de datos que genéricamente está conformado por un conjunto de observaciones (filas) para las que se cuenta con información de un conjunto de variables (columnas).

La información extraída de dicha matriz se presenta en nuevas variables o factores que muestran la información esencial contenida en los datos, simplificando el análisis al reducir dimensiones y garantizando, a su vez, la pérdida de la menor cantidad posible de información. Asimismo permite caracterizar las observaciones y por lo tanto evaluar su similitud.

<b>Cuadro 4</b> <b>Objetivos del Análisis Factorial</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Extraer información esencial eliminando información redundante</li><li>• Reducir las dimensiones del análisis con poca pérdida de información</li><li>• Encontrar relaciones entre variables y entre observaciones</li><li>• Caracterizar las nuevas variables</li></ul>

El Análisis Factorial parte de la consideración de una matriz de datos  $X_{IJ}$ , siendo  $I$  los individuos u observaciones y  $J$  las variables. En el caso específico del Análisis de Componentes Principales se trata de una matriz de individuos por variables cuantitativas.

---

<sup>16</sup> La presentación de este tema se realiza siguiendo a Blanco (2006)

$$X_{IJ} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1J} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{I1} & x_{I2} & \dots & x_{IJ} \end{pmatrix}$$

La lectura de la matriz muestra que cada observación (fila) se caracteriza a través de un vector fila de  $(1 \times J)$  que contiene los valores que toma dicho individuo en cada variable. Esta lectura horizontal define la Nube de las Filas ( $N_i$ ) en  $R^J$ . Asimismo verticalmente se caracteriza cada variable a través de un vector columna  $(I \times 1)$  que contiene el valor que cada individuo toma para esa variable definiendo así la Nube de las Columnas ( $N_j$ ) en  $R^I$ .

Para las variables (columnas) interesa analizar su correlación y para los individuos (filas) su distancia. Dos observaciones serán más parecidas, en la medida que tomen valores similares en las variables consideradas en el procedimiento.

### El Procedimiento del ACP

Para  $N_i$  se busca un conjunto de ejes que cumplan con que la inercia de la nube proyectada sobre ellos sea máxima. Las coordenadas de los  $I$  puntos sobre los ejes definen el factor. En forma similar se procede para  $N_j$ .

Para  $N_j$  se define una matriz  $M$  que contiene los "pesos de las columnas". Es decir que contiene los ponderadores de cada columna en el cálculo de la distancia entre dos individuos. En forma análoga se definen los "pesos de las filas" ( $p_i$ ) que definen una matriz  $D$  diagonal.

Las tres matrices definidas  $X_{IJ}$ ,  $M$  y  $D$  contienen toda la información necesaria.

Si se considera  $M$  una matriz diagonal<sup>17</sup> entonces la distancia entre dos individuos  $i, l$  se expresa como:

$$d^2(i, l) = \sum_{j \in J} (x_{ij} - x_{lj})^2 m_j$$

La relación entre las variables se mide a través de su coeficiente de correlación simple:

$$r_{(k,h)} = \frac{\text{cov}(k,h)}{\sqrt{\text{var}(k)\text{var}(h)}} = \frac{1}{I} \sum_{i \in I} \left( \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{S_k} \right) \left( \frac{x_{ih} - \bar{x}_h}{S_h} \right)$$

Sea  $u_s$  un vector director de un eje de  $R^J$ , las coordenadas de las proyecciones de los  $I$  puntos de la nube  $N_i$  sobre  $u_s$  conforman un vector  $F_s$  de dimensión  $I$

$$F_s(i) = x_i' M u_s$$

en forma matricial se expresa como:

$$F_s = X M u_s$$

La inercia de la nube proyectada sobre  $u_s$  es igual a:

$$\sum_i p_i [F_s(i)]^2$$

recordando que los  $p_i$  conforman la matriz de pesos de las filas  $D$ , entonces en forma matricial:

---

<sup>17</sup> En este caso particular se considerará  $M=I$

$$Inercia = u_s' M X' D X M u_s$$

Siendo  $M$  la matriz identidad, se debe hallar un vector  $u$  tal que  $u'u = 1$  maximice  $u' X' D X u$ .

Sean  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j$  los valores propios de  $X'DX$  ordenados de modo decreciente y una base ortonormal de vectores propios asociados a los respectivos valores propios.

La inercia proyectada sobre  $u$  resulta

$$u' X' D X u = \sum_s \lambda_s u_s^2 \leq \lambda_s \sum_s u_s^2$$

La inercia de la nube proyectada sobre un eje se hace máxima cuando el eje es colineal a los vectores propios de  $X'DX$  asociados al valor propio mayor  $\lambda_1$ . Los vectores propios son ortogonales 2 a 2 y la dirección ortogonal a  $u_1$ , que maximiza la inercia, es la del vector propio asociado a  $\lambda_2$ .

Como ya fuera mencionado en forma similar se calculan los ejes de inercia y los factores correspondientes a la nube de las columnas  $N^j$ . Considerando  $X'$  y la matriz de pesos  $D$ .

La información contenida en ambas nubes es la misma. Las inercias proyectadas de ambas nubes sobre ejes principales del mismo orden son idénticas y la inercia total de las dos nubes es igual.<sup>18</sup>

En suma, mediante la aplicación del procedimiento se obtendrán un conjunto de nuevas variables (factores) combinación lineal de las variables originales que

<sup>18</sup> El desarrollo detallado en RI se puede consultar en Blanco (2006) así como las relaciones de dualidad entre el análisis realizado a cada una de las nubes.

sintetizan la información contenida en éstas y que cumplen con la condición de ser ortogonales.

Cada factor explica una determinada proporción de la información global (inercia) contenida en la matriz de datos originales, de esta forma la primer componente principal (factor) explicará el mayor porcentaje de inercia, el segundo un porcentaje menor y así sucesivamente.

Una vez obtenidas las componentes principales se procederá a su interpretación para lo cual se recurre a la información contenida en las dos nubes definidas mediante la proyección de individuos y variables en los nuevos ejes.

### **III.1.2 Interpretación de los resultados**

#### **Caracterización del factor**

Las coordenadas de las variables en los nuevos ejes son las correlaciones entre las variables originales y las componentes principales por lo que, en general la interpretación de los factores se realiza considerando las variables que presenten mayor correlación positiva o negativa con cada uno. Las variables que presenten mayor correlación caracterizan entonces a los ejes.

Asimismo la proyección de los individuos sobre los ejes también brinda información para la interpretación de los resultados del análisis. Por ejemplo considerando el primer factor, los individuos que tomen valores altos en las variables que están fuertemente correlacionadas positivamente con el mismo, se ubicarán en un extremo del eje, mientras que los que tomen valores altos en las variables con alta correlación negativa, se ubicarán en el extremo opuesto. De esta forma mediante la proyección de observaciones y variables en los nuevos ejes, se llega a la interpretación de los factores construidos.

#### **Calidad de representación global**

La calidad de representación global es el porcentaje de la inercia explicada por los diferentes sub-espacios en relación a la inercia total. La inercia explicada

por cada factor  $s$  viene dada por  $\lambda_s$  valor propio de  $X'DX$ . Por lo tanto el porcentaje de la inercia explicada por el primer eje es  $\frac{\lambda_1}{\sum_s \lambda_s}$ , la inercia explicada por el primer plano principal viene dada por  $\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{J}$ . Y así sucesivamente considerando los distintos sub-espacios.

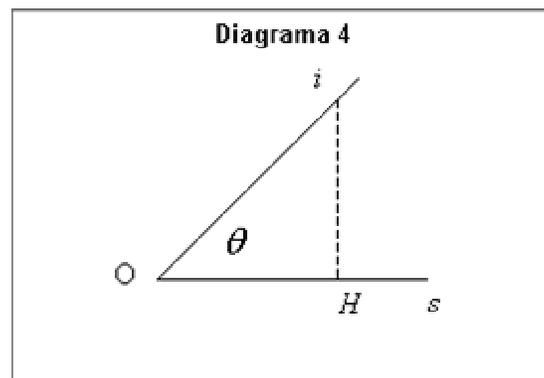
### Calidad de representación de un elemento

Otro punto a considerar es la calidad de representación,  $Q_s(i)$ , que tienen los individuos sobre un eje, el primer plano principal, etc.

Esta se expresa como el cociente entre la inercia de la proyección del elemento  $i$  sobre el eje  $s$  y la inercia total de  $i$  y corresponde al coseno cuadrado del ángulo ( $\theta$ ) entre el vector original ( $Oi$ ) y la proyección sobre el eje  $s$  ( $OH$ ) y viene dada por :

$$Q_s(i) = \frac{(OH_i^s)^2}{(Oi)^2} = \cos^2 \theta$$

Si la calidad de representación de un punto sobre un eje, plano, o un sub-espacio en general es cercana a 1 entonces se dice que está bien representado por el sub-espacio considerado.



### III.2 Modelo de Cambio de Régimen de Markov<sup>19</sup>

Muchas variables económicas están sujetas a cambios de tipo estructural en los que su comportamiento parece modificarse en distintos períodos. Este es el caso del análisis del ciclo económico. El problema que se plantea es cómo modelizar dicho proceso. Una forma de caracterizarlos es suponer que dichos cambios de régimen siguen una cadena de Markov

La idea básica que está detrás de esta modelización, es que la economía puede comportarse en forma diferenciada en distintos estados. O sea que la media y varianza de las tasas de crecimiento observadas en una recesión son diferentes de las observadas en una expansión. En otras palabras se permite la asimetría en la dinámica económica. Lo que distingue a estos modelos, es que el cambio de régimen no es determinado por el analista sino que es la propia dinámica de la serie la que permite identificarlos. O sea que los puntos de giro son elementos intrínsecos al funcionamiento de la serie.

El MCRM permite identificar en forma precisa los puntos de giro dentro de un marco formal. El modelo considera una variable no observable  $s_t$  que define el régimen en que se encuentra la actividad económica en el momento  $t$  y como resultado cuantifica la probabilidad de transición de un estado a otro. Estas probabilidades dotan al modelo de una gran potencialidad a través de las posibilidades de interpretación que brindan.

Se considera que el proceso está gobernado por una variable aleatoria no observable  $s_t^*$  que representa el régimen en el momento  $t$ . En este caso se modela  $y_t$  como un proceso AR(1) donde la media cambia en cada estado y la varianza permanece constante.

$$y_t - \mu_{s_t^*} = \phi(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}^*}) + \varepsilon_t$$

---

<sup>19</sup> La presentación se realiza siguiendo a Hamilton (1994) y Pena (2003)

Suponiendo que hay dos estados entonces la variable  $S_t$  toma los siguientes valores

$$S_t^* = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ si la economía está en recesión en } t \\ 1, \text{ si la economía está en expansión en } t \end{array} \right\}$$

y puede modelizarse como una cadena de Markov.

### III.2.1 Variable de estado como una Cadena de Markov

Consideremos el caso general en que  $s_t$  es una variable aleatoria que toma valores  $1, 2, \dots, N$ . Suponiendo que la probabilidad que  $s_t$  tome un valor  $j$  depende únicamente del valor que tomó en  $s_{t-1}$  entonces:

$$\text{Prob}\{S_t = j / S_{t-1} = i, S_{t-2} = k, \dots\} = \text{Prob}\{S_t = j / S_{t-1} = i\} = p_{ij}$$

el proceso sigue una cadena de Markov con probabilidad de transición  $p_{ij}$  con  $i, j$  variando de 1 a  $N$  ( $i, j = 1, 2, \dots, N$ ), siendo  $p_{ij}$  la probabilidad de que al régimen  $i$  lo siga el régimen  $j$  cumpliéndose que:

$$\sum_{j=1}^N p_{ij} = 1$$

Estas probabilidades pueden agruparse en una matriz llamada Matriz de Transición (P):

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{N1} & p_{N2} & \dots & p_{NN} \end{pmatrix}$$

A partir de las probabilidades de transición de los estados se puede determinar la cronología del ciclo. El estado que presente menor media se interpreta como recesión y los períodos clasificados como “recesión” serán aquellos en que la probabilidad de ese estado sea mayor con respecto a la expansión, si es el caso de dos estados, o respecto a las demás, en caso de más de dos estados.

Las cadenas de Markov pueden representarse como un **vector autorregresivo**. Considérese  $\xi_t$  un vector de dimensión  $N \times 1$  cuyo elemento  $j=1$  si  $s_t=j$  y cero en otro caso.

$$\xi_t = \begin{cases} \begin{pmatrix} (1 \ 0 \ 0 \ 0 \dots 0)' \\ (0 \ 1 \ 0 \ 0 \dots 0)' \\ \dots \\ (0 \ 0 \ 0 \ 0 \dots 1)' \end{pmatrix} & \text{si } s_t=1 \\ & \text{si } s_t=2 \\ & \dots \\ & \text{si } s_t=N \end{cases}$$

si  $s_t=i$ , el  $j$ -ésimo elemento de  $\xi_{t+1}$  toma el valor 1 con probabilidad  $p_{ij}$  y cero en otro caso.

La esperanza condicional de  $\xi_{t+1}$  dado  $s_t=i$  viene dada por:

$$E(\xi_{t+1} / s_t = i) = \begin{pmatrix} p_{i1} \\ p_{i2} \\ \dots \\ p_{iN} \end{pmatrix} \quad \text{que corresponde a la columna } i \text{ de la Matiz } P$$

$$y \quad E(\xi_{t+1} / s_t = i) = P \xi_t$$

de aquí surge que la cadena de Markov puede representarse como:

$$\xi_{t+1} = P \xi_t + v_{t+1}$$

siendo  $v_{t+1}$  una innovación.

### III.2.2 Predicción con el Modelo de Cambio de Régimen de Markov

Una vez estimado el modelo de CRM el siguiente importante problema es predecir la variable observable y las probabilidades de transición. La predicción  $m$  pasos para delante de  $\xi_{t+m}$ , condicionada a la información disponible, se calcula para el período  $t$  como:

$$E_t(\xi_{t+m} / \xi_t, \xi_{t-1}, \dots, \xi_{t-j}) = P^m \xi_t$$

### III.2.3 Cadenas de Markov reducibles y no reducibles

Considérese el caso de dos estados, donde la matriz de probabilidades de transición tienen la siguiente forma:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 1-p_{22} \\ 0 & p_{22} \end{pmatrix}$$

La probabilidad de permanecer en el estado 1 una vez alcanzado ( $p_{11}$ ) es igual a 1, en este caso al estado 1 se le llama estado absorbente y se dice que la cadena de Markov es reducible.

En general para  $m$  estados la cadena de Markov es **reducible** cuando la matriz  $P$  puede escribirse como una matriz triangular superior.

$$P = \begin{pmatrix} B & C \\ O & D \end{pmatrix}$$

$B_{kxk}$  con  $1 \leq k < N$ , si se llega a un estado  $j \leq k$ , no es posible volver a los estados  $k+1, \dots, N$ .

Por lo tanto las cadenas de Markov **no reducibles** son aquellas en las que puede darse cualquier estado de acuerdo a las probabilidades presentes en la matriz de transición.

Un caso particular dentro de las cadenas irreducibles es cuando uno de los valores propios de la matriz es 1 y los demás se encuentran dentro del círculo de unidad, se dice que la cadena de Markov es ergódica. Consideremos la Matriz de Transición para 3 estados, P' tiene la siguiente forma:

$$P' = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{N1} & p_{N2} & \dots & p_{NN} \end{pmatrix}$$

y como  $\sum_{j=1}^N p_{ij} = 1$  entonces  $P' \mathbf{1} = \mathbf{1}$  y uno de los valores propios de P' es la unidad. Como P y P' tienen los mismos valores propios, 1 es también valor propio de P. Al vector propio asociado al valor propio 1 de P se le nombra  $\pi_{N \times 1}$  y se cumple que  $P\pi = \pi$ , siendo  $\pi$  es el vector de probabilidades ergódicas.

Este vector puede interpretarse como el vector de probabilidades incondicionales de pertenecer a un estado. En efecto, si P es la matriz de transición de una cadena de Markov ergódica se cumple:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} P^m = \pi \mathbf{1}'$$

En el límite las columnas de  $P^m$  son todas iguales entre sí e iguales a  $\pi$ . O sea que para la fila 1:

$$p_{11} = p_{21} = \dots = p_{N1}$$

Si la economía se encuentra en cualquier estado  $j$ , la probabilidad de pasar al estado 1 es la misma para todo  $j$ , entonces ese valor se interpreta como la probabilidad incondicional del estado 1,  $\Pr[s = 1] = p_{11}$ .

Los valores propios de  $P$  surgen de la resolución de la ecuación característica  $|P - \lambda I| = 0$ .

El vector  $\pi$  asociado a  $\lambda = 1$  viene dado por:

$$\pi_i = \frac{|A_{ii}|}{\sum_{j=1}^N A_{jj}} \quad \text{con } i=1,2,\dots,N^{20}$$

en términos genéricos  $|A_{ij}|$  es el determinante de la matriz obtenida luego de eliminar la fila  $i$  y la columna  $j$ . A la expresión  $(-1)^{i+j} |A_{ij}|$  se le denomina cofactor, como aquí  $i \neq j$ , entonces  $(-1)^{i+j}$  es igual a 1 para todo  $i$ .

En este caso se debe encontrar los cofactores de la matriz  $A = (I - P)$  y para el caso particular de 3 estados, esto se expresa como:

$$A_{11} = (1 - p_{22})(p_{31} + p_{32}) - p_{32}(1 - p_{21} - p_{22})$$

$$A_{22} = (1 - p_{11})(p_{31} + p_{32}) - p_{31}(1 - p_{11} - p_{12})$$

$$A_{33} = (1 - p_{11})(1 - p_{22}) - p_{12}p_{21}$$

operando se llega a la siguiente expresión:

$$A_{11} = p_{31}(1 - p_{22}) + p_{32}p_{21}$$

$$A_{22} = p_{32}(1 - p_{11}) + p_{31}p_{12}$$

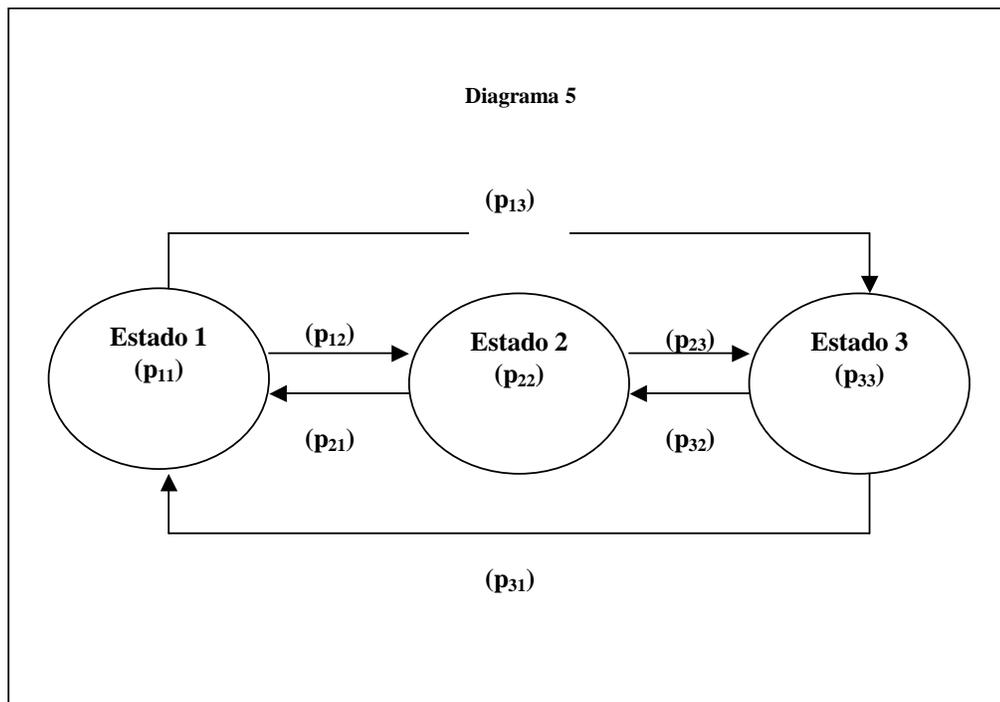
$$A_{33} = (1 - p_{11})(1 - p_{22}) - p_{21}p_{12}$$

<sup>20</sup> ver García y Perron (1995)

por lo tanto, los elementos del vector  $\pi$  responden a la siguiente expresión:

$$\pi = \left( \frac{A_{11}}{A_{11} + A_{22} + A_{33}}, \frac{A_{22}}{A_{11} + A_{22} + A_{33}}, \frac{A_{33}}{A_{11} + A_{22} + A_{33}} \right)$$

El cofactor  $A_{11}$  que corresponde al estado 1, muestra la probabilidad de pasar de un crecimiento fuerte a una recesión por la probabilidad de no permanecer en el estado 2, más la probabilidad de pasar del estado 3 al 1 pasando por el estado 2 ( $p_{32}p_{21}$ ).



$A_{22}$ , muestra la probabilidad de pasar del Estado 3 al 2 por la probabilidad de no permanecer en el Estado 1 más la probabilidad de pasar del estado 3 al 2 pasando por el Estado 1 ( $p_{31}p_{12}$ ).

Estas probabilidades incondicionales de cada estado pueden también ser utilizadas como valores iniciales del algoritmo de estimación<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Ver Anexo C

## **IV. APLICACIÓN AL CICLO URUGUAYO**

### **IV.1 Construcción del indicador del ciclo económico**

De acuerdo a lo que ya fuera planteado, el objetivo de esta investigación es caracterizar la evolución cíclica de la actividad económica uruguaya, para lo cual se plantea, en primer lugar la construcción de un indicador del ciclo económico. Este interpreta, como el factor común a un conjunto de variables económicas representativas de dicha realidad y se construye, en este trabajo, a través de la aplicación de la técnica de Componentes Principales.

#### **IV.1.1 Selección de indicadores a utilizar en el ACP**

Como primer paso para la construcción del indicador de actividad se considera un conjunto de variables económicas que permiten una buena aproximación a la evolución del fenómeno en estudio. Dichas variables refieren a distintos aspectos de dicha realidad; en particular, se seleccionaron indicadores directos e indirectos de producción, de demanda, del comportamiento del mercado de trabajo, agregados monetarios y variables referentes a la recaudación de impuestos.

Para la selección de las variables se tomaron en cuenta dos criterios: la facilidad y la oportunidad de acceso a la información y la calidad estadística de la misma. Asimismo se trató de evaluar en forma previa la información contenida en las variables y su aporte a la explicación de la evolución de la actividad económica.

Con tales criterios de selección se estudió un conjunto de variables que fueron clasificadas atendiendo al proceso económico del cuál se consideran indicadoras (Cuadro 5).

<b>Cuadro 5</b>			
<b>Indicadores analizados</b>			
Variable	Unidad	Frecuencia (1)	Fuente
<b>Indicadores de Oferta</b>			
Faena	Cabezas	Mensual	INAC
Leche	Miles de litros	Mensual	OPYPA
Cemento privado	Toneladas	Mensual	ANCAP
IVF_IM_sr	Índice base 1983	Trimestral	BCU
IVF_IM_mi	Índice base 1983	Trimestral	BCU
Imp_bs_int	Dólares corrientes	Mensual	BCU
<b>Indicadores de Demanda</b>			
Exp_bs	Dólares corrientes	Mensual	BCU
Exp_bs_ind	Dólares corrientes	Mensual	BCU
Energía eléctrica Grandes Consumidores	KWh	Mensual	UTE
<b>Fiscales</b>			
Recaudación de IVA Interno	Miles de pesos	Mensual	DGI
Recaudación de IVA total	Miles de pesos	Mensual	DGI
<b>Agregados Monetarios</b>			
M1	Miles de pesos	Mensual	BCU
<b>Mercado de trabajo</b>			
Tasa desempleo	%	Trimestral	INE
Tasa de empleo	%	Trimestral	INE
(1) La periodicidad corresponde a la original de la serie			

Es importante destacar que si bien la técnica utilizada no limita la cantidad de variables a considerar, es necesario analizar la información contenida en las mismas de forma de eliminar la presencia de información redundante que se visualice a través de la existencia de altas correlaciones lineales entre las variables. Para ello, un primer paso en este estudio consiste en realizar un análisis preliminar

de las variables considerando las distribuciones univariadas y las correlaciones bivariadas.

#### **IV.1.2 Análisis exploratorio de las variables originales**

Para el conjunto de variables que fueron seleccionadas en primera instancia, se procedió a realizar un análisis exploratorio, el cual permite conocer las particularidades de cada serie, información esencial para la selección de series a incorporar al ACP y para el análisis de los resultados del mismo. Se analizaron entonces las distribuciones univariadas de cada una de las variables así como también la matriz de correlaciones dos a dos.

En particular, del análisis de las distribuciones univariadas, se constató para un número importante de variables, la presencia de valores extremos (*outliers*). El tratamiento de estos datos debe realizarse con cuidado ya que su presencia puede “sesgar” la conformación de los ejes de inercia en el ACP. En general se constató que estos puntos coinciden, como era esperable, con los trimestres correspondientes a la crisis de 2002 y en algunos casos con los valores registrados en los últimos trimestres del período analizado.

Asimismo se realizó el análisis de la matriz de correlaciones de las variables consideradas, encontrándose que en general las correlaciones presentan los signos esperados.

Se destaca que el análisis de las series de recaudación de IVA<sup>22</sup> y M1<sup>23</sup>, brinda indicios de que la información que contienen es similar. En efecto, presentan un muy alto coeficiente de correlación y además presentan comportamiento similar respecto al resto de las variables estudiadas.

En una primera instancia se consideraron variables como las exportaciones de bienes y las exportaciones de bienes industriales que obviamente presentan

---

<sup>22</sup> Refiere a la serie de recaudación de Impuesto al Valor Agregado

<sup>23</sup> La definición de M1 considerada incluye circulante en poder del público, depósitos a la vista y caja de ahorros

altas correlaciones; en este caso el interés radicó, en evaluar su comportamiento en relación a otras variables como el IVF de la industria manufacturera sin refinería o el indicador de volumen físico de la industria excluyendo las actividades netamente exportadoras. Se procedió en forma similar con las ventas de cemento total y las ventas de cemento al sector privado.

Se decidió entonces dejar fuera del análisis a la variable M1 dada su alta correlación con la recaudación de IVA y la serie correspondiente a la demanda total de energía eléctrica por su baja correlación con el resto de las variables. Asimismo en cuanto a variables indicadoras de un mismo fenómeno se decidió considerar las ventas de cemento al sector privado. En cuanto a las exportaciones de bienes y bienes industriales y a los dos indicadores de la industria manufacturera se optó por seguir trabajando con ellas y decidir su inclusión o no en el propio proceso del análisis de componentes principales.

#### **IV.1.3 Matriz de Datos**

La matriz de datos a analizar se compone de 74 observaciones que corresponden a datos trimestrales comprendidos entre el primer trimestre de 1988 y el segundo trimestre de 2006.

En base a las variables inicialmente seleccionadas de acuerdo al análisis reseñado en el apartado anterior, se comenzó a trabajar en la generación de las componentes principales. Este proceso preliminar permite ir conociendo en forma más acabada la información proporcionada por cada una de las series.

Finalmente se seleccionó un conjunto de cuatro variables: Importaciones de bienes intermedios<sup>24</sup>, Exportaciones de bienes, Ventas de cemento al sector privado y recaudación de IVA (Cuadro 5).

Las dos primeras variables están relacionadas directamente a la producción, exportaciones de bienes e importaciones de bienes intermedios. Las ventas de

---

<sup>24</sup> Corresponde a las importaciones de bienes intermedios sin considerar petróleo, destilados ni energía eléctrica

cemento, por su parte, constituyen un indicador de la actividad de construcción relevante no tanto por su ponderación (importancia) en el producto sino especialmente por el efecto arrastre que tiene sobre otras ramas de actividad. Asimismo resulta importante por la utilización de mano de obra y consecuentemente su efecto sobre el empleo. Por último, la variable recaudación del IVA, constituye un indicador indirecto de la evolución del gasto de consumo privado.

Debido a la marcada estacionalidad que caracteriza al conjunto de variables que se considerará para el análisis se procedió previamente a la desestacionalización de cada una de ellas.<sup>25</sup> Asimismo dado que las variables seleccionadas se encuentran expresadas en unidades no homogéneas se trabajará con datos estandarizados.

<b>Cuadro 6</b>		
<b>Matriz de Datos: Análisis de Componentes Principales</b>		
<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Período</b>
Exp_bs	Exportaciones de bienes	I.1988 – II.2006
Imp_int	Importaciones de bienes intermedios	I.1988 – II.2006
cemento_priv	Ventas de cemento sector privado	I.1988 – II.2006
Rec_iva	Recaudación de IVA	I.1988 – II.2006

La matriz de datos a utilizar para la generación de las componentes quedó conformada entonces por 74 individuos (filas) cada uno correspondiente a la observación de un trimestre calendario comprendido entre enero de 1988 y julio de 2006 y 4 variables económicas en las columnas.

<sup>25</sup> La desestacionalización se realizó con el programa Demetra 2.0 opción Tramo-Seats.

Es importante notar que en el caso de este trabajo, la matriz de datos que se utiliza tiene la particularidad que los individuos (filas) se corresponden con un momento del tiempo. Las coordenadas de los individuos en el eje representan el valor que toma cada uno en el factor.

#### IV.1.4 Resultados del Análisis de Componentes Principales

El análisis de los resultados alcanzados de la aplicación del procedimiento de componentes principales<sup>26</sup> a la matriz de datos antes detallada implica en primer lugar el análisis de las nuevas variables creadas, su conformación y el porcentaje de la inercia total explicada, así como la calidad de representación de las observaciones en los ejes<sup>27</sup>.

En el Cuadro 7 se presenta el porcentaje de inercia explicado por cada uno de los factores.

De la información contenida en el mismo, surge que el primer factor (componente principal) explica un 78.1% de la inercia total y el segundo factor un 17.7% alcanzándose con el primer plano principal un 95.8% de inercia acumulada.

<b>Cuadro 7</b>		
<b>Inercia Total Explicada</b>		
<b>Componente</b>	<b>% de Inercia</b>	<b>% Inercia Acumulado</b>
1	78.1	78.1
2	17.7	95.8
3	3.4	99.2
4	0.8	100.0

<sup>26</sup> Para el ACP se utilizaron los programas SPSS 14, y R.

<sup>27</sup> La matriz de correlaciones en el ACP se presenta en el Anexo B

De este primer análisis surge que la primer componente principal recoge una importante proporción de la información contenida en la nube de puntos, lo que habilita a continuar el análisis con esta primera componente.

#### IV.1.4.1 Caracterización de la primera componente principal

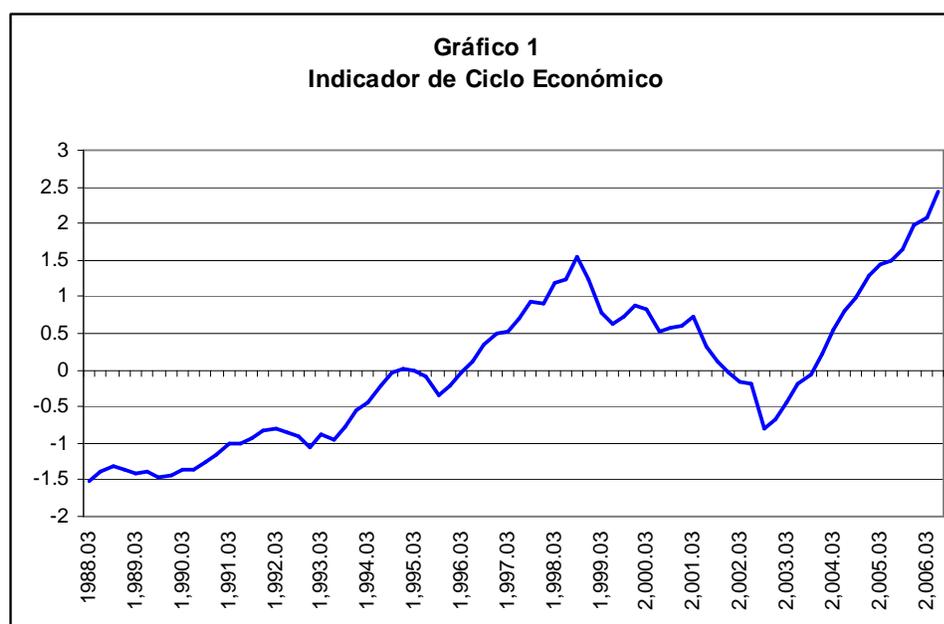
La caracterización de las componentes se realiza en base a la información de las correlaciones entre los ejes de inercia y las variables originales, estas correlaciones constituyen las coordenadas de las variables en los factores. En el Cuadro 8 se presenta la conformación del primer eje.

Las mayores correlaciones las presentan las importaciones de bienes intermedios (0.97) y las exportaciones de bienes (0.93); el consumo de cemento privado y la recaudación de IVA presentan una correlación menor (0.75 y 0.87 respectivamente). Este resultado está dentro de lo previsto, dado que es esperable que las variables utilizadas aumenten cuando el nivel de actividad lo hace. En este sentido, puede interpretarse como el indicador del ciclo buscado.

<b>Cuadro 8</b>	
<b>Correlaciones variables originales y primera componente</b>	
<b>Variables</b>	<b>Componente 1</b>
Exp_bs	0.929
Imp_int	0.971
Cemento_priv	0.752
Rec_iva	0.868

Se analizó la calidad de representación de las proyecciones de las observaciones sobre el primer eje. Del total de 74 observaciones, no alcanzan el nivel exigido 24 observaciones, de las cuales 11, se encuentran próximas al baricentro y por lo tanto no presentan problemas. Las observaciones con baja calidad de representación se corresponden en general con los períodos de recesiones más importantes, en particular los trimestres referidos a la crisis de 2002.

El indicador construido a partir de la primera componente principal se representa en el Gráfico 1. Dado el procedimiento para su construcción, el indicador resume información presente en el conjunto de variables consideradas en el análisis. En términos de inercia el factor explica un 78% del total, lo que garantiza la calidad del indicador desde este punto de vista.



El análisis sugiere, sin embargo, que en la medida que se incorporen variables referidas a otros aspectos de la realidad económica, se lograría una mejor aproximación al considerar también la segunda componente.

En particular se puede destacar los resultados alcanzados al incorporar la variable tasa de desempleo. La conclusión principal al incluir esta variable es que la conformación de los ejes sugiere la necesidad de considerar dos componentes para reflejar el comportamiento del ciclo económico. En este caso el segundo factor, muy vinculado a la tasa de desempleo, recoge la información que explica los períodos de recesiones profundas.

## IV.2. Estimación del Modelo de Cambio de Régimen de Markov

En el apartado anterior se presentaron los resultados del análisis de componentes principales. La primera componente principal que surge de dicho análisis fue interpretada como el indicador cuantitativo del ciclo buscado.

El procedimiento de construcción del indicador exige la estandarización de las variables utilizadas lo que no permite su comparación inmediata con una variable observable. Por lo tanto a los efectos del análisis es conveniente realizar un cambio de escala del factor. Dado que el IVF del PIB constituye la variable de referencia para el análisis se optó por fijar la escala del factor de acuerdo a éste.

De acuerdo a lo planteado en la estrategia de análisis corresponde ahora realizar la estimación del indicador cualitativo para completar el análisis del ciclo.

Para ello se considera el Indicador del ciclo económico (ICE) trimestral para el período I.1988-II.2006 cuya evolución se presentara en el Gráfico 1<sup>28</sup>.

El modelo requiere determinar el número de estados a considerar así como la dinámica de la variable analizada, en este caso el factor. La propuesta original de Hamilton considera un modelo con dos estados, un estado recesivo y un estado de expansión, así la variable  $s_t$  toma valores 0 y 1. En la literatura en general se ha seguido este mismo criterio encontrándose gran número de aplicaciones que consideran dos estados.

Este modelo ha resultado adecuado para la modelización de economías desarrolladas, para economías como la uruguayana algunos autores recomiendan el uso de al menos 3 estados. Esto responde al hecho de que en general, las recesiones y los períodos de crecimiento fuerte son muy intensos y existe un estado intermedio caracterizado por una tasa de crecimiento promedio positiva. Para Uruguay este fue el criterio seguido en Pena (2003) para el análisis del PIB<sup>29</sup>.

---

<sup>28</sup> La serie utilizada se presenta en el Anexo Estadístico

<sup>29</sup> Esta misma especificación es la seguida por Johnson (2000) para el caso de la economía chilena

Del análisis del comportamiento del ICE parece, a priori, también adecuado considerar tres estados. En el período analizado se produjeron episodios que responderían a un estado de cierta estabilidad, episodios de recesión (como la crisis de 2002) y también de altas tasas de crecimiento.

En principio, se procede al análisis considerando un modelo con tres regímenes donde la variable que define el régimen puede tomar tres valores ( $s_t = 1, 2, 3$ ). En el análisis de los resultados se revisará la pertinencia de esta elección.

En cuanto al proceso seguido por la variable analizada ( $y_t$ ), en la literatura se supone, generalmente, que sigue un proceso autorregresivo puro. En este caso se considera un proceso AR(2) en la tasa de crecimiento.

De esta forma se testea la existencia de correlación serial en la tasa de crecimiento del indicador, la cual es capturada, en el modelo, por los coeficientes autorregresivos y por la variable de estado.

De acuerdo a lo planteado en el Capítulo III, el modelo a estimar presenta la forma:

$$(y_t - \mu_{s_t}) = \phi_1(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \phi_2(y_{t-2} - \mu_{s_{t-2}}) + \varepsilon_t$$

con  $\varepsilon_t \approx N(0, \sigma^2)$

siendo  $s_t$  la variable aleatoria discreta no observable que define el estado de la economía en  $t$ , donde la media y la varianza de la tasa de crecimiento de cada estado surgen de:

$$\mu_{s_t} = \mu_1 s_{1t} + \mu_2 s_{2t} + \mu_3 s_{3t}$$

$$\sigma_{s_t} = \sigma_1 s_{1t} + \sigma_2 s_{2t} + \sigma_3 s_{3t}$$

siendo:

$$s_{jt} = 1 \text{ si } s_t = j \text{ y } s_{jt} = 0 \text{ en otro caso con } j = 1, 2, 3$$

Asimismo, la probabilidad de estar en el estado  $j$  en el momento  $t$  dado que en el período anterior estaba en  $i$ :

$$p_{ij} = (\text{Pr } s_t = j / s_{t-1} = i)$$

Estando en un estado determinado se puede permanecer en él o pasar a los otros dos estados, entonces:

$$\sum_{j=1}^3 p_{ij} = 1 \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

Considerando  $Y_t$  como el vector que contiene toda la información hasta el momento  $t$ . Si  $s_t = j$  entonces la densidad condicional de  $y_t$  se expresa como:

$$f(y_t / s_t = j, Y_{t-1}, \alpha)$$

La matriz de transición toma la forma:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{21} & p_{31} \\ p_{12} & p_{22} & p_{32} \\ 1-p_{11}-p_{12} & 1-p_{21}-p_{22} & 1-p_{31}-p_{32} \end{pmatrix}$$

donde,  $p_{ij} (i, j = 1, 2, 3)$  refleja la probabilidad de alcanzar el estado  $j$  dado que se está en el estado  $i$ . Como fuera ya expresado, cada columna de la matriz  $P$  muestra la probabilidad de, estando en el estado  $i$ , permanecer en él o pasar a alguno de los otros dos estados, por lo que la suma por columnas es uno. Por ejemplo la primera columna computa la probabilidad, dado que se está en el Estado 1, de permanecer en él ( $p_{11}$ ), alcanzar el Estado 2 ( $p_{12}$ ) o el Estado 3 ( $p_{13}$ ).

La estimación del modelo da consiguientemente, como resultado los siguientes parámetros:

- las seis probabilidades relevantes de la matriz de transición P
- las medias y varianzas correspondientes a cada estado (seis parámetros)
- los coeficientes del modelo autorregresivo (dos parámetros)

#### IV.2.2 Resultados de la estimación

Los resultados de la estimación de los parámetros<sup>30</sup> relevantes del modelo se presentan en el Cuadro 9

Cabe recordar aquí, que a los efectos del análisis, se ha reparametrizado el factor por lo que los resultados de medias y varianzas deben ser analizados en términos relativos. Esto es, los niveles alcanzados por ellos no tienen, interpretación económica directa. Sí resulta relevante la comparación de los valores alcanzados en cada estado.

La matriz de transición estimada resultó ser:

$$P = \begin{pmatrix} 0.822303 & 0.144101 & 0.000000 \\ 0.000006 & 0.855893 & 0.203623 \\ 0.177691 & 0.000006 & 0.796377 \end{pmatrix}$$

Los tres estados muestran medias bien diferenciadas. El Estado 1 corresponde a una situación de recesión, mientras que el Estado 2 y 3 caracterizan períodos de crecimiento siendo  $\mu_3 > \mu_2$  pudiendo caracterizarse respectivamente como de crecimiento moderado y crecimiento fuerte respectivamente.

<sup>30</sup> Las estimaciones se realizaron en Gauss 8.0, el programa utilizado fue tomado de Chang\_Jin Kim y Charles Nelson (1999)

<b>Cuadro 9</b>		
<b>Modelo Estimado – ICP</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Estimación</b>	<b>Desvío Standard</b>
<b>Probabilidades de transición</b>		
$P_{11}$	0.8222303	0.103125
$P_{12}$	0.000006	0.137029
$P_{21}$	0.144101	0.000001
$P_{22}$	0.855893	0.142244
$P_{31}$	0.000000	0.926683
$P_{32}$	0.203623	0.233070
<b>Medias</b>		0.587987
$\mu_1$	-1.094780	0.292881
$\mu_2$	1.021118	0.587987
$\mu_3$	2.148754	0.137043
<b>Desvío</b>		
$\sigma_1$	2.737487	0.110048
$\sigma_2$	1.375396	0.144665
$\sigma_3$	0.596569	0.540562
<b>Coefficientes autorregresivo</b>		
$\phi_1$	0.076311	0.436936
$\phi_2$	0.142157	0.001451

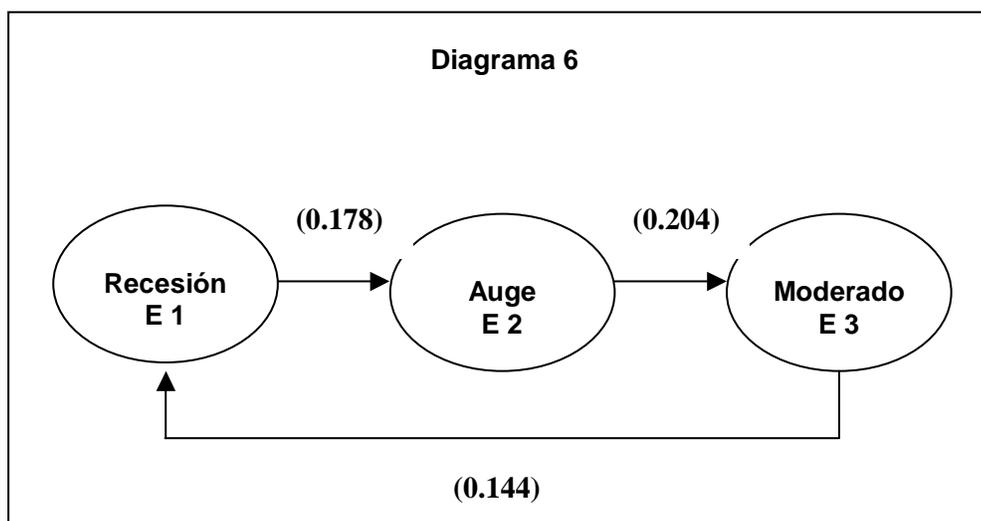
Del análisis de la matriz P surge que si la economía se encuentra en recesión, la probabilidad de que se mantenga en ese estado es 0.82, siendo más probable pasar de ese estado a un estado de auge que a uno de crecimiento moderado (probabilidad cercana a 0).

Los parámetros resultaron significativos al 95% a excepción de los parámetros  $p_{12}$  y  $p_{32}$ . En cuanto al proceso AR(2),  $\phi_1$  no resultó significativo mientras que  $\phi_2$  sí lo es.

El Estado 2, de crecimiento moderado, es el que presenta una mayor probabilidad de permanencia (0.86), siendo la probabilidad de pasar de ese estado al estado recesivo es de 0.14, mientras que el pasaje a un crecimiento fuerte presenta probabilidad casi nula.

Por último, estando en el Estado 3, de crecimiento fuerte, la probabilidad de permanencia es relativamente alta (0.8). La probabilidad de que a este estado lo siga uno de crecimiento moderado es 0.2.

En resumen la salida del estado recesivo da, con una probabilidad mayor, entrar a un período de auge; la del estado de crecimiento moderado tiende a pasar a estado recesivo y la salida del estado de crecimiento fuerte es con una probabilidad mayor hacia un período de crecimiento moderado.



A partir de la matriz P es posible calcular la duración esperada, en trimestres, de cada estado; definiendo  $D_j$  como la duración del estado  $j$ , una vez que

la economía se encuentra en él, su media y su varianza vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$E(D_j) = \frac{1}{1 - p_{jj}}$$

$$V(D_j) = \frac{p_{jj}}{(1 - p_{jj})^2}$$

Asimismo de acuerdo a lo planteado en el Capítulo III, también es posible calcular las probabilidades incondicionadas de estar en un cierto estado a partir de la matriz de transición P. Ambos resultados se presentan a continuación,

<b>Cuadro 10</b>			
<b>Régimen</b>	<b>Duración promedio en trimestres</b>	<b>Desvío Standard</b>	<b>Probabilidad incondicionada</b>
Recesión	5.6	5.1	0.322
Moderado	6.9	6.4	0.397
Fuerte	4.9	4.4	0.281

Consistentemente con el análisis anterior de las probabilidades de transición, la duración esperada del Estado 2 (crecimiento moderado) es relativamente la más alta, con una duración esperada de siete meses. El Estados 1 (recesivo) presentan una duración esperada cercana al año y medio y el crecimiento fuerte de 5 trimestres.

Estos resultados estarían mostrando recesiones seguidas de períodos de fuerte crecimiento después de los cuales se esperan períodos relativamente largos de crecimiento bajo.

Reforzando el análisis anterior, el resultado de las probabilidades incondicionales de encontrarse en un determinado estado fueron: para el período recesivo 0.32, para el estado de bajo crecimiento es 0.4 y 0.28 para el auge.

Como se viera en el Capítulo III las probabilidades incondicionales se calculan como el cofactor correspondiente a cada elemento de la diagonal sobre la suma de ellos, por lo tanto la probabilidad incondicionada depende en definitiva del cofactor.

Para el estado de recesión,  $A_{11} = p_{31}(1 - p_{22}) + p_{32}p_{21}$ , o sea depende de la probabilidad de pasar del estado 3 al 1 por la probabilidad de no permanecer siempre en el Estado 2, más la probabilidad de pasar del estado 3 al 1 pasando previamente por el Estado 2. En nuestro caso  $p_{31}=0$ , por lo que  $A_{11}$  y por lo tanto la probabilidad incondicionada depende de  $p_{32}$  y  $p_{21}$ . Siendo en este caso,  $p_{32}=0.204$  y  $p_{21}=0.144$ ,  $A_{11}=0.29$ .

En forma similar para el estado de crecimiento moderado,  $A_{22} = p_{32}(1 - p_{11}) + p_{31}p_{12}$ , nuevamente como  $p_{31}=0$ , depende de la probabilidad de que al Estado 3 le siga el 2 ( $p_{32}$ ) por la probabilidad de no mantenerse en el Estado 1 una vez que se está en él ( $1-p_{11}$ ). Siendo,  $p_{32}=0.204$  y  $(1-p_{11}) = 0.178$ ,  $A_{22}=0.036$ .

$A_{33}$  se define como:  $A_{33} = (1 - p_{11})(1 - p_{22}) - p_{21}p_{12}$  y toma el valor 0.0256.

Por lo tanto como  $A_{22} > A_{11} > A_{33}$ , esta misma relación guardan las probabilidades incondicionales  $\pi_{22} > \pi_{11} > \pi_{33}$ .

### **Análisis de las probabilidades condicionadas**

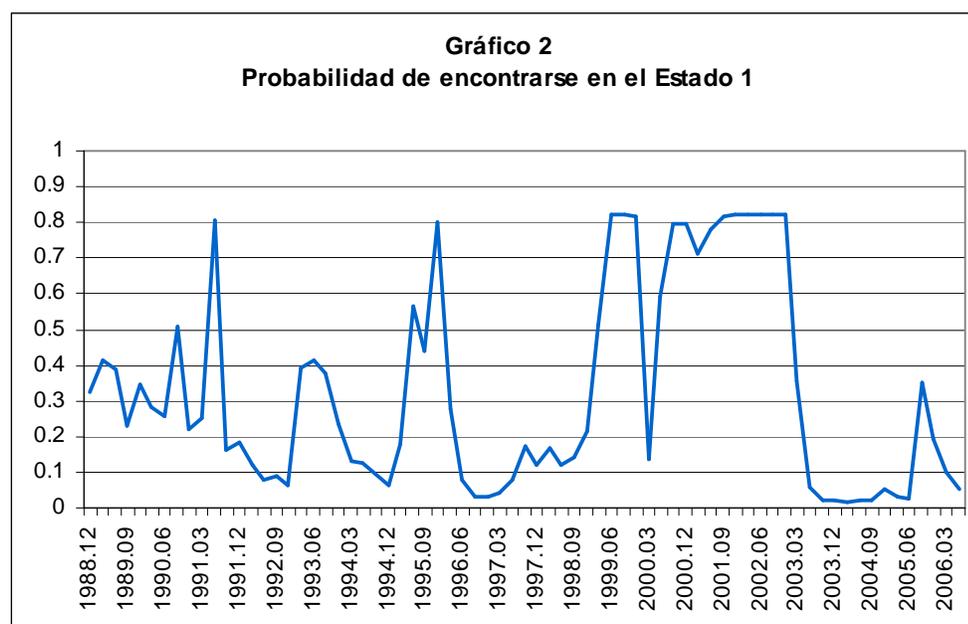
Otro análisis a realizar a partir de los resultados del modelo es la probabilidad de encontrarse en cada uno de los estados definidos en los distintos trimestres del período considerado. El análisis de estas probabilidades permite realizar la cronología cíclica que surge de la estimación del modelo de Cambios de Régimen. En los Gráficos 2 a 4 se representa la evolución de dichas probabilidades para los Estados 1, 2 y 3 respectivamente.

Según el análisis de estos resultados, el proceso generador de los datos en el año 1996 y entre enero de 2003 y junio de 2005 se asocia con el período expansivo. Los eventos recesivos se dan a fines del año 1995, durante el año 1999 y entre el segundo trimestre de 2000 y el cuarto de 2002. Por último, los períodos en que la economía se encuentra en el Estado 2 son entre abril de 1989 y marzo de 1991, desde el año 1992 hasta la crisis de tequila, el período que comienza en marzo de 1997 y hasta fines de 1998 y por el último habría comenzado en el segundo trimestre de 2005 (Cuadro 10).

<b>Cuadro 11</b>		
<b>Cronología del ciclo</b>		
<b>Estado 1</b> <b>Recesión</b>	<b>Estado 2</b> <b>Crecimiento moderado</b>	<b>Estado 3</b> <b>Crecimiento fuerte</b>
II. 1991	II.1989 – I.1991	III.1991
II. 1995 – IV.95	III.1992 - I.1995	I.1996 – I.1997
I.1999 – IV.1999	II.1997 – IV.1998	I.2000
II.2000 – IV.2002	III.2005 - I.2006	I.2003 – II.2005
		II.2006

La representación de las probabilidades para el Estado 1 identifica claramente los episodios recesivos por los que pasó la economía uruguayo en el período analizado. Esto es, en el año 1995, crisis del tequila y la larga crisis que comenzara en 1999 y se extendiera hasta el año 2002.

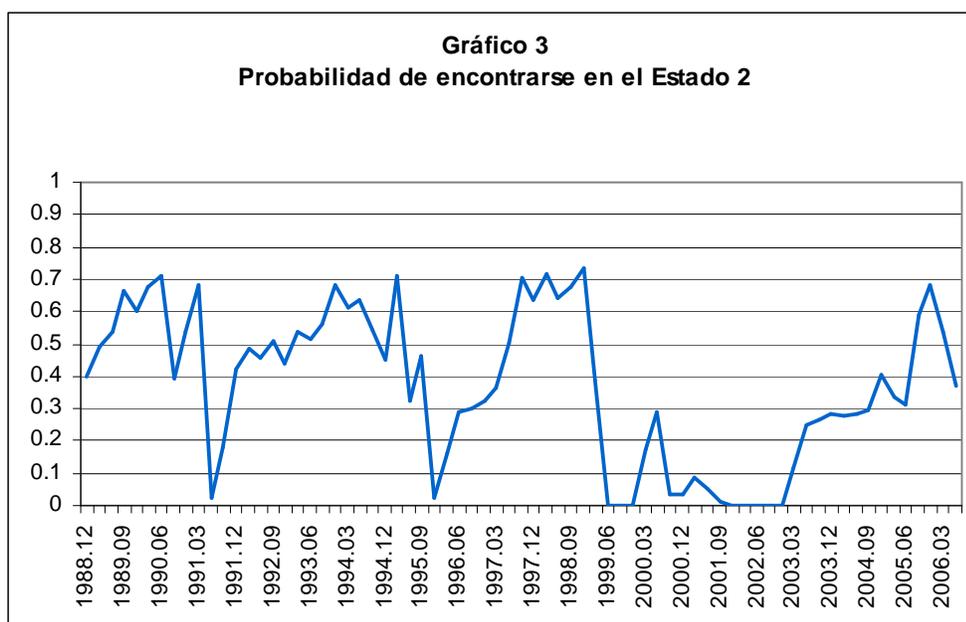
El episodio de fines de 1995 refiere al llamado “efecto tequila”. Este período se caracterizó por caídas en los principales agregados económicos, en cuanto a las ramas de actividad afectó en particular a la construcción con consecuencias sobre el mercado de trabajo dado el importante papel de dicho sector como generador de empleo y a la industria manufacturera en menor medida.



La crisis que se inicia a comienzos de 1999 y se extiende hasta el año 2002 queda claramente identificada. La probabilidad de recesión según los resultados del modelo son cercanos a 0.8. El modelo captura bien el estado de la economía durante esta larga crisis que se refleja en el deterioro de la producción, la demanda, el ingreso y el mercado de trabajo con caídas en el nivel de empleo y registros muy importantes en la tasa de desempleo. El año 1999 comienza con la devaluación en Brasil principal socio comercial de Uruguay, este año se caracteriza por una industria afectada por los importantes efectos de la crisis asiática, la contracción de la demanda externa a lo que se agregan problemas climáticos que afectan a la actividad agropecuaria. Esto lleva a descensos en los principales agregados económicos. Esta fase recesiva se prolonga hacia el año 2000 y se agrava con la profundización de la crisis Argentina en el año 2001 y con la crisis financiera interna del 2002

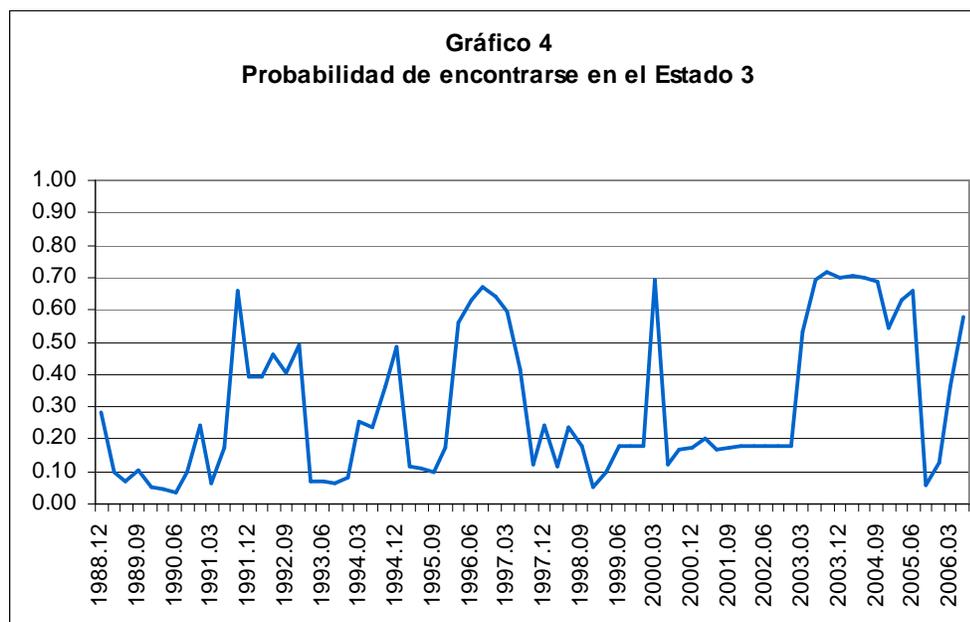
El modelo señala que la economía se habría encontrado en el estado de crecimiento moderado desde mediados de 1992 y hasta el comienzo de la crisis del tequila y en los años 1997-1998. En general se caracteriza por moderados crecimientos en el producto, las exportaciones, el consumo privado y la inversión y sin grandes modificaciones en el empleo y el desempleo. Luego de la salida de la

última crisis con altas tasas de crecimiento, hacia fines de 2005 se entraría nuevamente en un crecimiento moderado.



Por último, existen tres períodos que se muestran, claramente, con alta probabilidad de caracterizarse por el proceso que define el crecimiento fuerte. Estos son el año 1996 luego de la crisis del tequila, con una duración aproximada de cinco trimestres y el período más reciente, desde comienzos de 2003 y hasta junio de 2005.

En 2003 la economía uruguaya comienza a recuperarse. Algunos factores internacionales favorecieron esta evolución, entre ellos se destaca la mejora en las economías de la región, las mejores oportunidades para colocar productos en el mercado exterior, mejoras en precios internacionales de productos uruguayos y estabilización general a nivel financiero, luego de la crisis de 2002. Asimismo se va produciendo una mejora en el empleo, el salario real y también en la tasa de desempleo que comienza el período con niveles muy altos, que se van reduciendo paulatinamente en el transcurso de este período de crecimiento económico que siguió a la recesión de 2002.



En suma, el modelo identificó períodos largos en los que la economía uruguaya se mantuvo en alguno de los tres estados. El estado de crecimiento moderado ha sido preponderante a lo largo del período analizado. Así se señala, el prolongado período de bajo crecimiento que caracterizó a la economía entre 1992 y 1995 y el período previo al comienzo de la última crisis, este con una duración de 7 trimestres. Esto también se refleja en la alta probabilidad incondicionada de estar en el Estado 2 que ya fuera comentada, así como la duración media esperada que alcanzaba los 9 trimestres.

Entre los períodos caracterizados como recesivos se destaca la crisis que comienza en 1999 y que abarca un período de 16 trimestres. Este episodio está en buena medida definiendo las características del Estado 1 en cuanto a duración esperada y probabilidad de ocurrencia.

Por último en relación al estado que define el crecimiento acelerado, se destaca el período posterior a la última crisis. En este caso el modelo plantea una duración de 10 trimestres con probabilidad de estar en este estado cercana al 0.7.

El modelo sugiere para el segundo semestre de 2005 un cambio de estado hacia el crecimiento moderado. Esto se relativiza en el segundo trimestre de 2006, no obstante en este caso el crecimiento del indicador está muy influido por el comportamiento de las exportaciones e importaciones de bienes, que presentaron en el primer semestre una incidencia muy alta y que se vincularon a hechos puntuales que se prevé, desaparezcan en el segundo semestre del año. Si es así, entonces entraríamos con una probabilidad alta a un período de crecimiento moderado con una duración esperada de 7 trimestres.

## V. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA EL ICE Y EL PIB

En el Capítulo IV se presentaron los resultados de la estimación del Indicador del Ciclo Económico (ICE) y del Modelo de Cambio de Régimen para dicho indicador. Este análisis se basó en la consideración de que la forma más adecuada para realizar el estudio del ciclo económico es seguir la aproximación planteada por Burns y Mitchell en su definición de ciclo económico, frente a la alternativa de aproximarse a través de una única magnitud.

La pregunta que surge del estudio de los diferentes planteos es si el análisis del ciclo puede llevarse a cabo a través de un agregado como el PIB o si lo más adecuado es realizarlo desde una perspectiva multivariada.

Distintos argumentos se plantean a favor de una y otra postura. Evidentemente la aproximación a través del método univariado (utilizando por ejemplo el PIB) tiene como ventaja su sencillez en la medida que no requiere el proceso de estimación del indicador.

El argumento de la postura multivariada, sostiene sin embargo, es que si lo que se busca es analizar el ciclo, no resulta conveniente derivarlo de una única variable, ya que esta no recoge necesariamente todos los aspectos de la realidad económica. Además la evolución del PIB puede responder a la influencia de sectores de actividad con peso importante en el agregado global y que no necesariamente reflejan la evolución del ciclo que transita la economía.

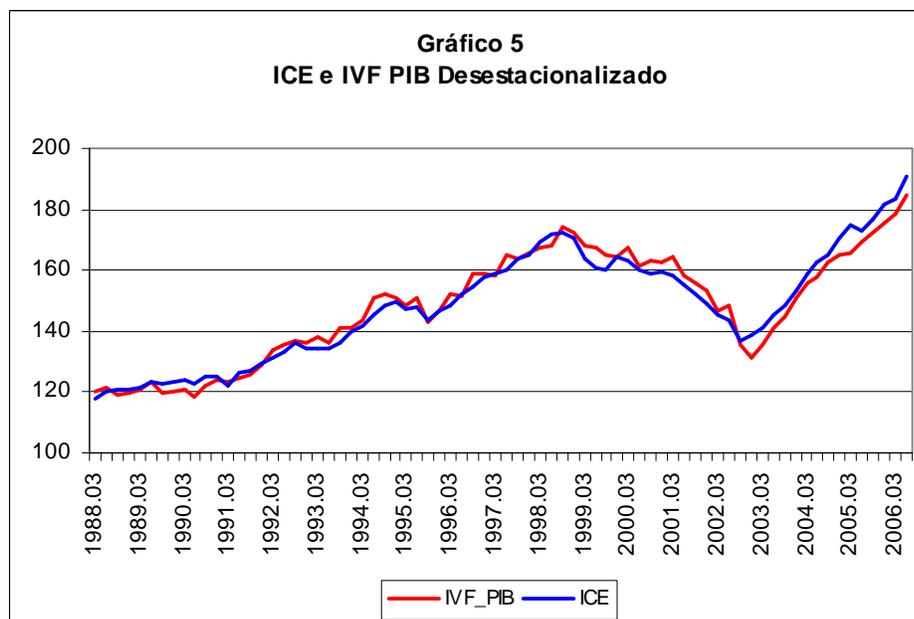
Aquí se presenta, un breve análisis comparativo de los resultados alcanzados en el capítulo anterior y el PIB. Esta comparación se hace en dos sentidos, en primer lugar se compara la evolución del ICE con el IVF del PIB desestacionalizado a través de sus representaciones gráficas. En segundo lugar, la comparación de los resultados del análisis de cambio de régimen aplicado al ICE con uno realizado sobre el IVF del PIB desestacionalizado<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> Se utilizó el IVF del PIB desestacionalizado fuente BCU

### V.1 Evolución de ICE y el PIB

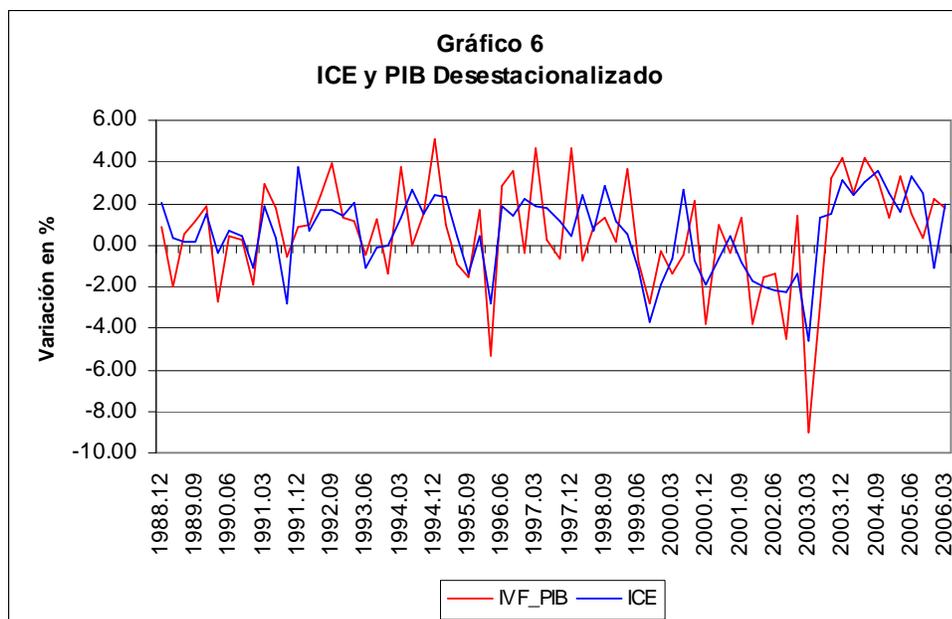
En este apartado se presenta un análisis comparativo del ICE con el índice de volumen físico del PIB desestacionalizado en el período analizado, esto es primer trimestre de 1988 al segundo trimestre de 2006.



En el Gráfico 5 se presenta la evolución de ambos indicadores. Como puede observarse el indicador construido reproduce la tendencia general del comportamiento del PIB.

No obstante, se observan comportamientos un tanto disímiles en algunos períodos. Por ejemplo hacia fines de 1992 el ICE señala una caída en la actividad de mayor intensidad que la serie de PIB. Algo similar pasa a fines de la década del 90 cuando el indicador nuevamente recoge un descenso mayor que el producto.

No sucede lo mismo en la crisis de 2002 cuando el indicador a pesar de señalar con claridad la recesión, no recoge la profundidad marcada por el mínimo alcanzado por el PIB.



En el Gráfico 6 se presentan las tasas de crecimiento del índice de volumen físico del PIB desestacionalizado y del ICE. El gráfico muestra como, a pesar de que por construcción ambas series presentan la misma varianza, el crecimiento del PIB parece más volátil que el del ICE.

## V.2 Modelo de Cambio de Régimen para el ICE y el PIB

A los efectos de realizar este análisis se procedió a la estimación del modelo de cambio de régimen para el PIB. Para ello, siguiendo el modelo elegido para el ICE, se consideró el IVF del PIB desestacionalizado para el período comprendido entre el primer trimestre de 1988 y el segundo de 2006. La variable de estado puede tomar tres valores que definen tres posibles estados y la variable  $y_t$  sigue un proceso autorregresivo de segundo orden.

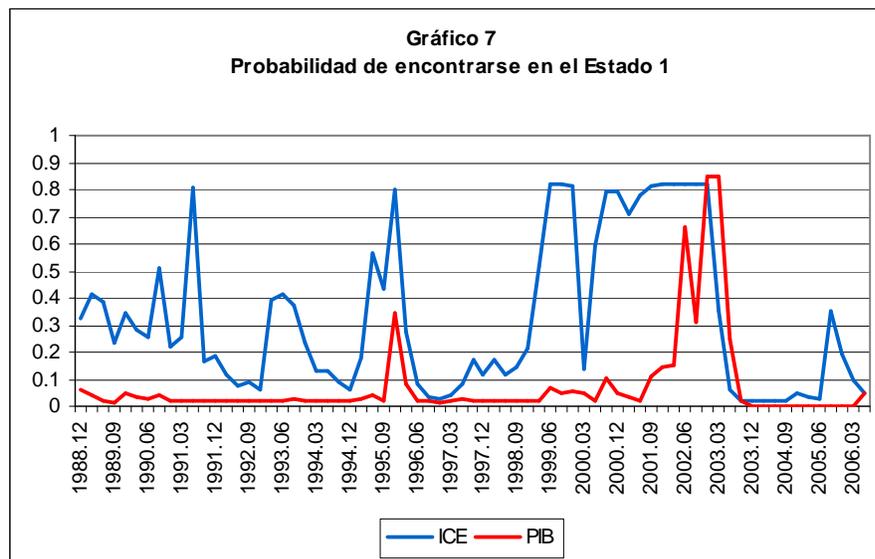
La matriz P de transición estimada es:

$$P = \begin{pmatrix} 0.847460 & 0.014581 & 0.000000 \\ 0.000006 & 0.985417 & 0.032610 \\ 0.152534 & 0.000002 & 0.967390 \end{pmatrix}$$

La tasa de crecimiento promedio del IVF del PIB alcanza a -2.8% para el estado recesivo, 0.61% para el Estado 2 y 2.4% en períodos de crecimiento fuerte.

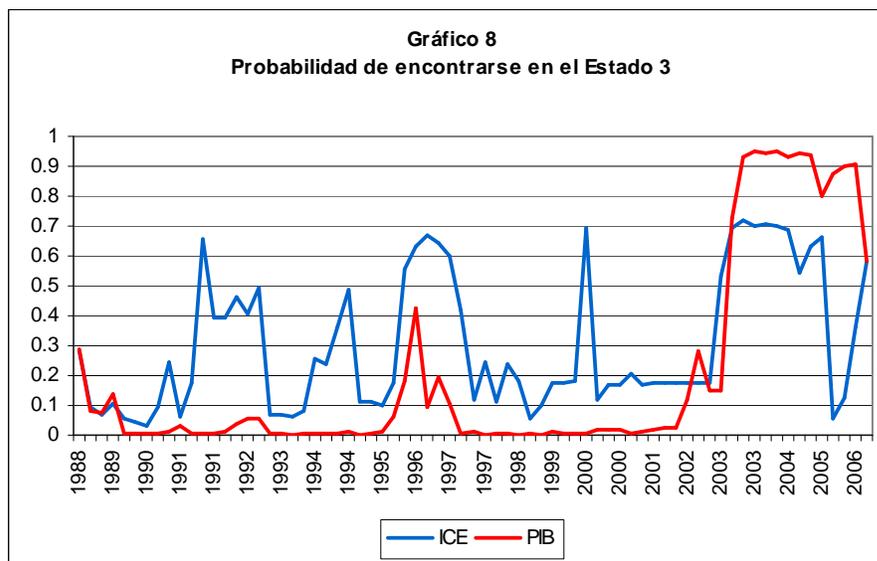
Los resultados de la matriz de transición muestran valores elevados en la diagonal, en particular en el estado 2 (crecimiento moderado) la probabilidad de permanecer en él una vez que es alcanzado es cercana a 1, en este extremo al estado se lo calificaba como absorbente. Estas probabilidades se traducen en una duración promedio elevada para los estados 2 y 3 así como una alta probabilidad incondicionada de estar en ellos.

Esta misma característica lo diferencia de los resultados alcanzados por el ICE. Trabajando con el mismo período, para este último las probabilidades  $p_{22}$  y  $p_{33}$  son importantes pero sensiblemente menores. El Estado 2 resulta entonces, mucho más persistente en el PIB que en el indicador del ciclo.



En cuanto a las probabilidades condicionadas de estar en cada estado, en los Gráficos 7 y 8 se presentan las obtenidas para los dos indicadores, en el Estado 1 y 3 respectivamente.

El ICE parece capturar mejor el riesgo de eventos recesivos que el indicador del PIB, obsérvese por ejemplo cómo el primero muestra probabilidades altas de recesión en todo el período 1999-2003. En cuanto a la probabilidad de ingresar en un estado de auge, mientras para el PIB sólo son significativas en el período posterior a la crisis 1999-2002 el indicador muestra como muy probable este estado también en el año 1994 y 1997.



En suma, para el período analizado, los resultados del modelo para el PIB muestran un Estado 2 de crecimiento moderado, mucho más importante en relación a los otros dos que el ICE y los períodos con alta probabilidad de recesión o crecimiento fuerte son puntuales. Señalando, en el primer caso, la crisis de 2002 y en menor medida la de 1995. En el segundo caso, resaltando las altas tasas de crecimiento alcanzadas desde el 2003 a la fecha. Ambos indicadores sugieren que este período de auge estaría finalizando.

## VI ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA POLÍTICA ECONOMICA

La estimación de Modelos de Cambio de Régimen, además de permitir una completa caracterización del ciclo económico, sirve como base para la realización de otros estudios importantes para el análisis económico.

En este marco, se plantea la construcción de un indicador de la necesidad de modificación de la política económica, de acuerdo a la propuesta realizada por Johnson (2000) para el caso de la economía chilena. Asimismo, siguiendo el planteo de Hamilton (1989) es posible, en base a los parámetros estimados, analizar los efectos provenientes de cambios en la variable de estado sobre el nivel de actividad en el largo plazo y sobre el ingreso permanente.

### VI.1 Índice de modificación de política

Partiendo de las probabilidades de estar en cada estado para cada período  $t$ , es posible construir un indicador que alerte sobre la necesidad de cambiar la política económica de acuerdo a las probabilidades de encontrarse en cada uno de los estados.

Recordando que  $\sum_j p_{ij} = 1$ , se parte del cociente entre el diferencial de la probabilidad de estar en auge y la de estar en recesión, en relación a la probabilidad de estar en el estado intermedio. Siendo  $\zeta$  esta relación, se define como:

$$\zeta = \frac{P(\text{auge}) - P(\text{recesión})}{P(\text{estabilidad})}$$

tomando valores positivos cuando la probabilidad de auge es mayor que la probabilidad de recesión y valores negativos en caso contrario.

El índice de probabilidad planteado por Johnson y denominado F responde a la siguiente expresión:

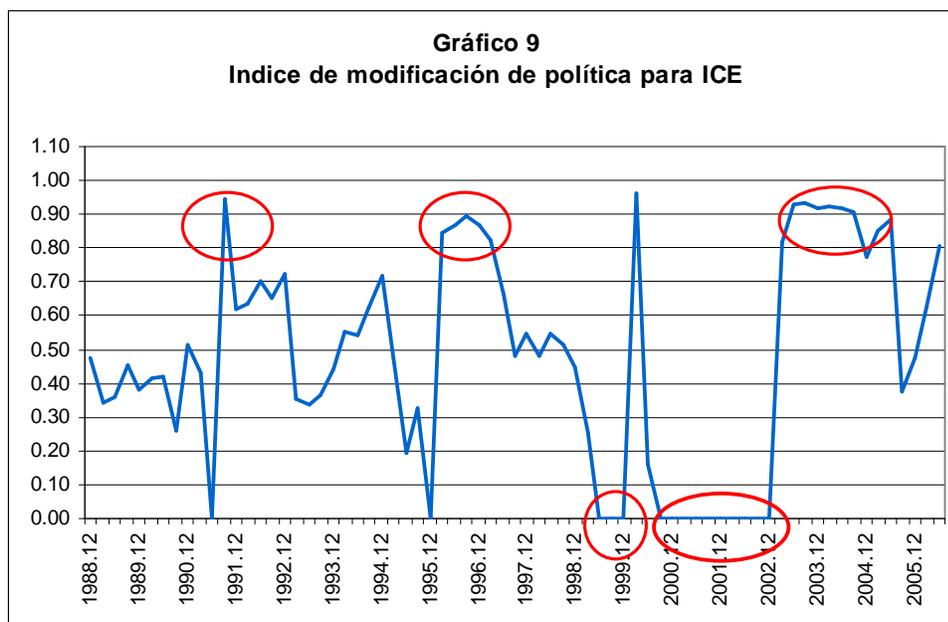
$$F = \frac{e^{\zeta}}{1 + e^{\zeta}}$$

F responde a la formulación de una función logística y toma valores entre 0 y 1. Será cercano a 1 cuando  $\zeta$  toma valores altos y positivos, la economía presenta riesgos de entrar en un período de sobrecalentamiento. Cuando  $\zeta$  toma valores altos y negativos (alta probabilidad de recesión en relación a la probabilidad de los otros dos estados) entonces F toma valores cercanos a 0 y existe riesgo de recesión. Si  $\zeta$  toma valores cercanos a 0, F será cercano a 0.5.

F se interpreta como un indicador de la necesidad de establecer una política de tipo expansivo, contractivo o neutro según los valores que tome F.

El Gráfico 9 muestra la representación de este índice, calculado en base a las probabilidades de transición estimadas en el apartado anterior, para el ICE en el período analizado. En el mismo se han marcado los períodos con alto riesgo de sobrecalentamiento de la economía o de recesión.

En el gráfico se observan claramente las recesiones por las que atravesó la economía uruguaya que ya fueran comentadas. En particular resulta interesante analizar los períodos en que el indicador se encuentra cercano a 1.



Entre 1996 y 1997, según se comentó anteriormente, la economía uruguaya se caracterizó por altas tasas de crecimiento del producto, expansión de la demanda, así como también del crédito bancario y por el ingreso de capitales desde el exterior luego de la crisis del tequila que permitió financiar el déficit en cuenta corriente.

Luego de la crisis finalizada en 2003 nuevamente la economía presenta riesgos de sobrecalentamiento, con altas tasas de crecimiento del producto, incrementos importantes en las variables componentes del gasto en particular del gasto privado y un importante esfuerzo exportador que llevó a niveles record de ventas al exterior. Hacia el año 2005 el nivel del índice disminuye aunque en los primeros meses de 2006 vuelve a tomar valores altos.

## VI.2 El estado de la economía y el nivel de actividad en el largo plazo

El modelo general considerado para el análisis del cambio de régimen responde a la siguiente formulación:

$$y_t - \mu_{s_t} = \phi_1(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \phi_2(y_{t-2} - \mu_{s_{t-2}}) + \varepsilon_t$$

Donde las modificaciones sobre la tasa de crecimiento de la variable analizada pueden provenir del término  $\varepsilon_t$  o de la variable de estado  $s_t$ . Estos últimos se asocian directamente con el ciclo económico mientras que los primeros refieren a otros factores. En particular interesan las modificaciones asociadas a  $s_t$ , el estado de la economía en el momento  $t$ .

Hamilton discute la importancia de estos efectos respecto al nivel del producto a largo plazo y respecto al ingreso permanente cuando los consumidores saben que ha comenzado una recesión.

En base a los resultados alcanzados para el Modelo de Cambio de Régimen se estimaron estos efectos para el nivel de actividad de la economía uruguaya. El modelo estimado es:

$$y_t - \mu_{s_t} = 0.076311(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + 0.142157(y_{t-2} - \mu_{s_{t-2}}) + \varepsilon_t$$

La cuantificación del efecto de cambios que afecten a  $\varepsilon_t$  viene dada por:

$$\lim_{j \rightarrow \infty} \frac{\partial E_t y_{t+j}}{\partial \varepsilon_t} = \frac{1}{1 - (0.076311 + 0.142157)} = 1.28$$

O sea que el efecto permanente de cambios provenientes de factores distintos al ciclo y que recoge  $\varepsilon_t$  es de 1.28.

Asimismo es posible calcular los efectos sobre el nivel de actividad asociados a  $s_t$ . Dado que se trabajó con 3 estados, corresponde comparar el efecto sobre el nivel de actividad en los siguientes escenarios:

- i) que la economía en el momento  $t$ , se encuentre en un estado recesivo en relación a que se encontrara en uno de auge
- ii) que la economía se encuentre en el estado de crecimiento moderado respecto a crecimiento fuerte en  $t$
- iii) que se encuentre en el estado recesivo respecto a que se encontrara en el estado intermedio en el momento  $t$ .

Este efecto se cuantifica a través del cociente entre el valor esperado en el momento  $t$  de  $y_{t+j}$  para los estados que se comparan en cada escenario. Por ejemplo, para el escenario i) sería<sup>32</sup>:

$$\lim_{j \rightarrow \infty} E_t \left[ \frac{Y_{t+j}}{Y_t} - 1 / s_t = 1 \right] / \lim_{j \rightarrow \infty} E_t \left[ \frac{Y_{t+j}}{Y_t} - 1 / s_t = 3 \right]$$

El cálculo de los efectos acumulados a partir del momento  $t+1$  para cada uno de los escenarios se presenta a continuación:

<b>Cuadro 12</b>	
<b>Efecto sobre el nivel de actividad de largo plazo</b>	
Escenario 1:	Recesión / Auge → - 3.3%
Escenario 2:	Crec. Moderado / Auge → - 2.9 %
Escenario 3:	Recesión / Crec. Moderado → - 0.4 %

<sup>32</sup> Ver Pena (2004)

O sea que, si la economía se encuentra en un momento  $t$  dado, en un estado recesivo, el efecto acumulado sobre el nivel de actividad respecto a la situación en que estuviera en un crecimiento fuerte en  $t$ , es de una caída de 3.3% . Si se compara la situación en la cual se parte de un estado de crecimiento moderado respecto a uno de crecimiento fuerte el efecto acumulado es de -2.9%. Por último, comparando el escenario de estar en recesión en  $t$  respecto a estar en crecimiento moderado el efecto es de -0.4%.

Asimismo es posible computar los efectos de cambios en  $s_t$  sobre el valor presente de los ingresos futuros. Por ejemplo se trata de estimar el efecto sobre el ingreso permanente de una recesión si los consumidores tienen la certeza que la recesión ha comenzado.

Al igual que en el caso anterior es posible calcular los efectos en los tres escenarios planteados. La estimación de la caída en el ingreso permanente asociado a la situación planteada en el escenario i) viene dada por la siguiente relación:

$$\frac{E_t \sum_{j=t+1}^{\infty} Y_j \beta^{j-t} / s_t = 1}{E_t \sum_{j=t+1}^{\infty} Y_j \beta^{j-t} / s_t = 3} = \frac{\sum_{j=t+1}^{\infty} Y_t (1 + P^{j-t} \xi_1 \mu') \beta^{j-t}}{\sum_{j=t+1}^{\infty} Y_t (1 + P^{j-t} \xi_3 \mu') \beta^{j-t}} = \frac{\sum_{j=t+1}^{\infty} (1 + P^{j-t} \xi_1 \mu') \beta^{j-t}}{\sum_{j=t+1}^{\infty} (1 + P^{j-t} \xi_3 \mu') \beta^{j-t}}$$

donde:

$P$  la matriz de transición

$\xi$  los vectores de  $3 \times 1$ , donde el elemento  $j=1$  si  $s_t=j$  y 0 en otro caso

$\mu'$  el vector de medias

$\beta$  es el factor de descuento trimestral

Las caídas del valor presente de los ingresos futuros estimadas se presentan en el Cuadro 13.

<b>Cuadro 13</b>	
<b>Efecto sobre el ingreso permanente</b>	
Escenario 1:	Recesión / Auge → - 3.3%
Escenario 2:	Crec. Moderado / Auge → - 3.0 %
Escenario 3:	Recesión / Crec. Moderado → - 0.4 %

O sea que por ejemplo el efecto de una recesión en t respecto a un estado de crecimiento fuerte es de una caída de 3.3% del ingreso permanente.

## VII CONCLUSIONES

El ciclo económico, siguiendo la definición planteada por Burns y Mitchell, se caracteriza por movimientos conjuntos de distintos agregados macroeconómicos y por la existencia de comportamientos asimétricos en las diferentes fases que lo componen.

En este trabajo se realizó un estudio del ciclo económico para la economía uruguaya para el período Enero de 1988 – Junio de 2006, integrando la construcción de un indicador cuantitativo con un análisis de cambio de régimen. El indicador del ciclo se interpreta como el componente no observable, común a un conjunto de variables económicas seleccionadas y el Modelo de Cambio de Régimen permite realizar la cronología del ciclo, incorporando al análisis la posibilidad de comportamientos asimétricos.

Estos modelos de estimación tienen su correlato en el plano teórico con los modelos de equilibrios múltiples, en particular los que consideran el ciclo como un fenómeno intrínseco al sistema económico.

La construcción del indicador cuantitativo se realizó mediante el uso de técnicas de Análisis Factorial, en particular con la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP). El objetivo principal del uso de esta técnica, en este trabajo, es reducir las dimensiones del análisis y encontrar nuevas variables combinación lineal de las variables originales. Inicialmente se consideró un conjunto amplio de variables. Estas fueron evaluadas durante el procedimiento, eliminándose las variables que no aportan información significativa al análisis.

Se trabajó con una matriz de datos de 74 observaciones y cuatro variables cuantitativas. Las variables consideradas para el ACP fueron: exportaciones de bienes, importaciones de bienes intermedios, ventas de cemento al sector privado y recaudación de IVA. Los factores resultantes resumen la información esencial contenida en los datos originales garantizando la menor pérdida posible de información.

La primera componente principal explica el 78% de la variabilidad total contenida en la matriz de datos. Además se obtiene una buena calidad de representación de las distintas observaciones sobre dicho eje, a excepción de los trimestres correspondientes a períodos fuertemente recesivos, donde no se alcanzó el nivel de calidad exigido.

Esta primera componente se interpretó, entonces, como el indicador del ciclo económico (ICE) buscado. El análisis del comportamiento del ICE muestra que el indicador refleja en forma adecuada, las distintas fases por las que ha pasado la actividad económica uruguaya en el período estudiado.

La estimación del Modelo de Cambio de Régimen de Markov para dicho indicador, identifica tres posibles estados: el Estado 1 correspondiente a períodos de recesión, el Estado 2 a períodos con moderadas tasas de crecimiento y el Estado 3 que se identifica con fases de crecimiento fuerte. Los períodos recesivos son profundos y largos, con una duración esperada de 5.6 trimestres. Los períodos de crecimiento fuerte son relativamente más cortos, con una duración esperada apenas superior al año. El estado intermedio es comparativamente el más largo, esperándose una duración de 7 trimestres.

De acuerdo a las probabilidades de transición estimadas por el modelo, la salida de los períodos de crisis se da, con mayor probabilidad a períodos de fuerte expansión de la actividad económica. Desde un período de auge económico, la salida más probable es hacia el estado intermedio (0.20). Por último si la economía se encuentra en un estado de crecimiento moderado se movería hacia una fase recesiva (0.14).

El estado intermedio, que muestra la mayor duración esperada, es también el que ha predominado en el período analizado. La probabilidad incondicionada de encontrarse en este estado es 0.40, para el estado de recesión dicha probabilidad alcanza a 0.32 y para el estado de crecimiento fuerte, 0.28.

El análisis de las probabilidades condicionadas, de encontrarse en cada momento en un estado determinado, muestra que el modelo reproduce las fases por las que transitó la actividad económica uruguaya en los últimos años.

Luego de la crisis que finalizara en el año 2002, la actividad económica uruguaya ingresó a un estado de crecimiento fuerte que, de acuerdo a las estimaciones realizadas se habría extendido hasta el segundo semestre de 2005, momento en el cual se habría ingresado en el estado intermedio.

Como complemento al análisis, se realizó una comparación de los resultados con un modelo construido para el Índice de Volumen Físico del Producto Interno Bruto. Estos resultados indican que el modelo para el ICE recoge en forma más clara las probabilidades de que la economía se encuentre en un estado determinado en cada momento del tiempo y por lo tanto recogería mejor los cambios de fases.

La estimación de Modelos de Cambio de Régimen sirve como base para la realización de otros estudios para el análisis económico. En este sentido se plantea la construcción de un indicador de la necesidad de modificación de la política económica y un análisis de los efectos sobre el nivel de actividad de largo plazo y el ingreso permanente de cambios en la variable de estado.

En síntesis, de los resultados alcanzados puede concluirse que la estrategia de análisis adoptada en este trabajo, en cuanto a realizar un estudio integrado del ciclo desde dos puntos de vista, cuantitativo y cualitativo, resulta adecuada y habilita a profundizar el análisis en distintos aspectos.

En primer lugar, la construcción del indicador cuantitativo mediante la técnica de Análisis de componentes principales, permite seguir trabajando en varios sentidos. El primero refiere a un mayor uso de las posibilidades del análisis en cuanto a la caracterización del comportamiento de variables y observaciones que redundarían en un mejor conocimiento del fenómeno estudiado y dotarían de más elementos para el análisis económico. El segundo, se relaciona con la cantidad de factores a retener. En este sentido, la incorporación de variables referentes a

otros ámbitos de la realidad económica, requiere de al menos dos factores para capturar adecuadamente la información contenida en los datos. La utilización de estos resultados para un posterior análisis de cambio de régimen, requiere introducirse en nuevas técnicas que permitan incorporar más de una variable en el análisis.

El estudio de estas técnicas sería una de línea de acción a seguir para avanzar en cuanto a la utilización de modelos de cambio de régimen. Asimismo, se podrían incorporar variables explicativas al modelo con la estimación de probabilidades de transición endógenas lo que complementarían el análisis realizado, dotándolo de una mayor potencialidad tanto en un plano descriptivo como interpretativo y predictivo.

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Abad, A; Cristóbal, A; Quilis, E., "Fluctuaciones Económicas, Puntos de Giro y Clasificación Cíclica" INE, Madrid, Octubre 2000.

Avella, M; Fergusson, L. "El ciclo económico. Enfoques e ilustraciones. Los ciclos económicos de Estados Unidos y Colombia". Versión electrónica disponible en [www.ideas.repec.org/p/bdr/borrec/284.html](http://www.ideas.repec.org/p/bdr/borrec/284.html) . Junio de 2005.

Azariadis, C., "Self-Fulfilling Prophecies", *Journal of Economic Theory*, 25. 1981.

Badagián, A.; Rodríguez, S. "Dinámicas no lineales y ciclos asimétricos en Argentina, Brasil y Uruguay". Instituto de Estadística. Facultad de Ciencias Económicas y Administración. Universidad de la República. 2004.

Blanco, Jorge, Introducción al análisis multivariado. Instituto de Estadística. Facultad de Ciencias Económicas y Administración. Universidad de la República. Montevideo, 2006

Bergoing, R.; Suárez, J. "Qué debemos explicar? Reportando Fluctuaciones Agregadas de la Economía Chilena" Documento de investigación I-112, ILADES-Georgetown University, 1998.

Bravo, F; Franken, H. "Un indicador líder del IMACEC". Documento de trabajo N° 99. Banco Central de Chile, Junio de 2001.

Burns, A.F.; Mitchell C., "Measuring business cycles", National Bureau of Economic Research. New York, 1946.

Cancelo, J.R., "Análisis empírico del ciclo económico con un modelo factorial dinámico con cambio de régimen". Departamento de economía aplicada II. Universidad da Coruña. Estadística Española. Vol.47. Num. 159.2005

Cancelo, J.R., "Modeling the European Cycle with Factor Structure and Regime Switching" *International Advances in Economic Research*, 10. 2004

Cristóbal, A y Quilis, E., "Análisis del ciclo económico mediante modelos de índices dinámicos. Aplicación a los Índices de la Producción Industrial". Boletín Trimestral de Coyuntura, N° 68. INE, Madrid Junio 1998.

Diebold, F.; Joon-Haeng L.; Weinbach, G., "Regime Switching with Time-Varying Transition Probabilities". Department of Economics. University of Pennsylvania. Documento electrónico disponible en <http://www.ssc.upenn.edu/~fdiebold/papers/paper69/pa.dlw.pdf>

Diebold, F. y Rudebusch, G. "Measuring Business Cycles: A Modern Perspective". Federal Reserve Bank of San Francisco. Junio 1996. Versión electrónica disponible en [www.nber.org/papers/w4643](http://www.nber.org/papers/w4643) . Junio de 2005.

Espasa, A.; Cancelo, J.R., Eds. Métodos cuantitativos para el análisis de la coyuntura económica. Alianza Economía.

Farmer, R. y Jang-Ting Guo. "Real Business Cycles and the Animal Spirits Hypothesis". *Journal of Economic Theory*, 63. 1994.

Fernández, A. "Análisis del ciclo económico en Uruguay". Trabajo monográfico FCEA, UDELAR. Junio, 1992

Filardo, A. "Business Cycle Phases and Their Transitional Dynamics" *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol.12 N°3. Julio 1994.

García, R., Perron, P., "An analysis of the real rate under regime shifts". Documento electrónico disponible en <http://www.cirano.qc.ca/pdf/publication/95s-05.pdf>. 1995

Gervaz, C. "Co-Movimientos en el Producto Bruto Interno", *Revista de Economía* N° 2 BCU, 1995.

Hamilton, J. "A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycles". *Econometrica* 57:2, 1989

Hamilton, J. *Time Series Analysis*. Princeton University Press. 1994

Johnson, C. "Un modelo de switching para el crecimiento en Chile" Documento de trabajo N° 84. Banco Central de Chile, Octubre de 2000.

Kamil, H. "Caracterización de las fluctuaciones cíclicas: una aplicación al caso uruguayo" Trabajo monográfico. FCEA, UDELAR. Abril de 1997.

Kim, C.J. y Nelson, C. "Has the U.D. Economy Become More Stable? A Bayesian Approach Based on a Markov-Switching Model of Business Cycle" *Review of Economics and Statistics*, 8(4):1-10- 1999

Kholodilin, K., *Dynamic Factor Analysis as a Methodology of Business Cycle Research*. 2003, Documento electrónico disponible en <http://www.tdx.cesca.es/TDX-0621104-182517/>. Julio 2005.

Lahiri, Ky Moore, G. Ed., *Leading Economic Indicators. New approaches and forecasting records*. Cambridge University Press. 1991

Lanzilotta, B., "Aporte de los índices líderes de actividad económica al análisis de la coyuntura y a la predicción macroeconómica en Uruguay". Facultad de Ciencias Económicas y Administración. Universidad de la República. Montevideo, Febrero 2006.

Mankiw, G. "Real Business Cycle: A New Keynesian Perspective". *The Journal of Economic Perspectives*. Vol.3, N° 3. Verano, 1989

Mankiw, G. *Macroeconomics*. Worth Publishers. 1992

Mc Callum, B. "Real Business Cycle Models"; Robert Barro (ed): *Modern business cycle theory*. Harvard University Press. 1989.

Martinez, J., Espasa, Antoni "Caracterización del PIB español a partir de modelos univariantes no lineales". *Revista Española de Economía*, Vol. 15 N° 3, 1988

Masoller, A. "Un modelo multivariado para proyectar el PIB". Documento de trabajo. Banco Central del Uruguay. Agosto de 2000.

Masoller, A. "Un indicador sintético de actividad económica". *Revista de Economía*. Segunda época. Vol. IX N° 2. Banco Central del Uruguay. Noviembre de 2002.

Melo et al. "Un indicador coincidente para la actividad económica colombiana". Documento en formato electrónico disponible en <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra195.pdf> . Diciembre de 2001.

Misas, M.; Ramírez, M. "Depressions in the Colombian economic growth during the XX century: A Markov Switching Regime Model". Documento electrónico disponible en <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra340.pdf>.

Paytuví, C. Enfoques alternativos de política económica y su aplicabilidad a cada etapa del ciclo económico. Caso Venezuela. 2005. Documento electrónico disponible en [/www.monografias.com/trabajos19/politica-economica-venezuela/politica-economica-venezuela.shtml](http://www.monografias.com/trabajos19/politica-economica-venezuela/politica-economica-venezuela.shtml).

Pena, A. "Caracterización empírica del ciclo económico en Uruguay". Trabajo de investigación monográfica. Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la República. Diciembre de 2003.

Pena, A. "El ciclo económico en Uruguay: un modelo de switching regimes". Trabajo presentado en las XIX Jornadas Anuales de Economía. Banco Central del Uruguay. Agosto de 2004

Plosser, Ch. "Understanding Real Business Cycles" *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 3, Nº 3. Verano 1989.

Rodríguez, M. L., "Crisis de credibilidad de la peseta en las bandas del SME. Una aplicación del modelo de Markov con saltos de régimen". *Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 20, número 003. Asociación de Economía Aplicada, (ASEPELT), Madrid, España, pp. 599-626. 2002

Romer, D. *Macroeconomía avanzada*. Mc Graw Hill. Segunda edición. 2002

Shmitt-Grohe, S., "Comparing Four Models of Aggregate Fluctuations due to Self\_Fulfilling Expectations". *Journal of Economic Theory* 72. 1997.

Simkins, S., "Measurement and Theory In Macroeconomics". Department of Economics. Merrick Hall. North Carolina A&T State University. Documento electrónico disponible en <http://www.ncat.edu/~econdept/wp/mitchellpaper.pdf>

Teja, A. M., Fernández, R., Ganón, E. y Montado, E. (1991) "Indicador Mensual de Actividad Manufacturera". Trabajo presentado al X Encuentro Latinoamericano de la Sociedad Econométrica.

Trujillo, F; Benítez, M.; Delgado, P., "Indicadores Sintéticos Trimestrales de la Actividad Económica no Agraria en Andalucía". *Revista de Estudios Regionales* Nº53. 1999.

Zarnowitz, V. *Business Cycles. Theory, History, Indicators, and Forecasting*. The University of Chicago Press. 1992

# **A N E X O S**

## ANEXO A: Programa en Gauss

```

/*
@WRITTEN BY CHANG-JIN KIM, KOREA UNIVERSITY, DEPT. OF ECON
cjkim@korea.ac.kr @
*/

new;
library optmum,PGRAPH;
optset;

#lineson;

format /m1 /rd 12,6;

load data[73,1]=C:\tesis_maestria\markov\ice.csv;
      @ 1988.1 -- 2006.2, quarterly data of the quarter@

yy_d=(ln(data[2:73,1])-ln(data[1:72,1]))*100;
t0=rows(yy_d);

LAG_AR=2;
NO_ST=lag_ar+1; @ NUMBER OF STATES TO BE CONSIDERED@
DMNSION=3^NO_ST;

st_mat=zeros(DMNSION,NO_ST);

j=1;
st2=1; do until st2>3;
st1=1; do until st1>3;
st=1; do until st>3;
st_mat[j,]=st2~st1~st;
print st_mat[j,];
j=j+1;
st=st+1;endo;
st1=st1+1;endo;
st2=st2+1;endo;

s1t_mat=zeros(DMNSION,NO_ST);
s2t_mat=zeros(DMNSION,NO_ST);
s3t_mat=zeros(DMNSION,NO_ST);

j=1; do until j>dmnsion;
i=1; do until i>no_st;
if st_mat[j,i]==1; s1t_mat[j,i]=1;endif;
i=i+1;endo;
j=j+1;endo;

j=1; do until j>dmnsion;
i=1; do until i>no_st;
if st_mat[j,i]==2; s2t_mat[j,i]=1;endif;
i=i+1;endo;
j=j+1;endo;

j=1; do until j>dmnsion;
i=1; do until i>no_st;
if st_mat[j,i]==3; s3t_mat[j,i]=1;endif;
i=i+1;endo;
j=j+1;endo;

yy=yy_d[lag_ar+1:t0,1];
x_mat= yy_d[Lag_ar:T0-1,1]~yy_d[lag_ar-1:T0-2,1];
print x_mat;
T=rows(yy);

@===== Initialize Global Variables=====@

START=1;

```

```

PRMTR_IN={
  1.259933 -10.222394  7.695514  14.331286 -22.433174 -4.539383
  0.018705  0.001239  2.151802  1.182220  1.458978 -1.576000
  1.376510  3.992844
}; @converged parameters@

PRMTR_IN=PRMTR_IN';

@ Maximum Likelihood Estimation @
@=====

{xout,fout,gout,cout}=optmum(&lik_fcn,PRMTR_in);
PRM_FNL=TRANS(xout); @ Estimated coefficients, constrained@

output file=C:\tesis_maestria\markov\ice.out reset;

"==FINAL OUTPUT=====";

"initial values of prmtr is";
      trans(prmtr_in');
"=====";
"code is-----";cout;
"likelihood value is "; -1*fout;
"Estimated parameters are:";
prm_fnl'; " ";
xout';
output off;

"Calculating Hessian..... Please be patient!!!!";
      hout0=hessp(&lik_fcn,xout);
      hout=inv(hout0);

grdn_fnl=gradfd(&TRANS,xout);
Hsn_fnl=grdn_fnl*hout*grdn_fnl';
SD_fnl =sqrt(diag(Hsn_fnl)); @Standard errors of the estimated coefficients@

output on;
"Standard errors of parameters are:"; sd_fnl';
"=====";
output off;

{FILTER_P}=FILTER(XOUT);
FILTER_P=FILTER_P~YY;

format /m1 /rd 8,4;
output file=C:\tesis_maestria\markov\ice.dta reset; Filter_p; output off;

xy(seqa(1,1,rows(filter_p)),filter_p[,1]);
xy(seqa(1,1,rows(filter_p)),filter_p[,2]);
xy(seqa(1,1,rows(filter_p)),filter_p[,3]);
xy(seqa(1,1,rows(filter_p)),filter_p[,4]-yy);

end;

@ END OF MAIN PROGRAM @
@=====
@=====

PROC LIK_FCN(PRMTR1);
local prmtr, ppr,qpr,prob__0,prob__1,QQ, lik, j_iter, pr__0_l,pr__1_l,
  F_cast, var_L,pr_val,likv,phi,PSIX,
  vecp,st,st1,st2,st3,st4,ST5,ST6,ST7,ST8,ST9,ST10,ST11,ST12,ST13,
  pr_tr,pr_trf1,pr_trf,prob__t,prob__pro,pr_vl,j,psi1,psi2,var_c,
  delta0,DELTA1,MU0,MU1,st_k,st_k1,st_k2,st_k3,st_k4,
  f_cast1,f_cast2,PR_VL1,PR_VL2,pr_trf7,pr_trf0,
  PR_TRF2,PR_TRF3,PR_TRF4,PR_TRF5,PR_TRF6,psic,psiL,
  TMPRY1,TMPRY2,SM_PRL,TMP_P0,SM_PR0,JJJ,MU_MAT,D_MAT,FLT_PRN,
  F1,F2,TMP00,TMP0,SM_PR00,prob_dd,VAR,A,EN,MU2,MU3;
PRMTR=TRANS(PRMTR1);

```

```

LOCATE 15,1; PRMTR';

PR_TR=(PRMTR[1:2]]1-SUMC(PRMTR[1:2]))~
(PRMTR[3:4]]1-SUMC(PRMTR[3:4]))~
(PRMTR[5:6]]1-SUMC(PRMTR[5:6]));

PHI=PRMTR[7:8,1];
VAR=PRMTR[9:11,1];
MU1=PRMTR[12,1]; @ recession, vs. boom@
MU2=PRMTR[13,1]; @ recession, vs. boom@
MU3=PRMTR[14,1];

VAR_L=VAR[1,1]*S1T_MAT[.,COLS(S1T_MAT)] +
VAR[2,1]*S2T_MAT[.,COLS(S2T_MAT)] +
VAR[3,1]*S3T_MAT[.,COLS(S3T_MAT)];

MU_MAT= MU1*S1T_MAT+
(MU2)*S2T_MAT+ (MU3)*S3T_MAT;

/* FOR UNCONDITIONAL PROBABILITIES */

A = (eye(3)-pr_tr)ones(1,3);
EN=(0|0|0|1);
PROB__T = INV(A'A)*A'EN; @PR[S_t=0]|PR[S_t=1], 3x1 UNCONDITIONAL
PROBABILITIES@

PR_TRF0=VEC(PR_TR);
PR_TRF =PR_TRF0|PR_TRF0|PR_TRF0;

PROB__T=VECR(PROB__T~PROB__T~PROB__T).*PR_TRF0; @3^2 x 1@
PROB__=VECR(PROB__T~PROB__T~PROB__T); @3^5 x 1@

LIKV=0.0;
J_ITER=1;
DO UNTIL J_ITER>T;

F_CAST1=(YY[J_ITER,1]-X_MAT[J_ITER,])*PHI*ONES(DMNSION,1)
-(MU_MAT[.,3] - MU_MAT[.,2]*PHI[1,1]
- MU_MAT[.,1]*PHI[2,1]);

PROB_DD=PR_TRF .* PROB__;

PR_VL=(1./SQRT(2.*PI.*VAR_L)).*EXP(-0.5*F_CAST1.*F_CAST1./VAR_L).*PROB_DD;

@PR[S_t,S_{T-1},S_{T-2},Y_t|Y_{t-1}]@

PR_VAL=SUMC(PR_VL);
LIK=-1*LN(PR_VAL);

PRO__=PR_VL/PR_VAL; @Pr[S_t, S_{t-1},S_{t-2},S_{t-3},S_{t-4} | Y_t]@

PROB__T=PRO__[1:DMNSION/3,1]+PRO__[DMNSION/3+1:DMNSION*2/3,1]+
PRO__[DMNSION*2/3+1:DMNSION,1];
@Pr[S_t, S_{t-1},S_{t-2},S_{t-3} | Y_t]@

PROB__=VECR(PROB__T~PROB__T~PROB__T);

LIKV = LIKV+LIK;
J_ITER = J_ITER+1;
ENDO;

LOCATE 2,35;"LIKV=";LIKV;
RETP(LIKV);
ENDP;

@+++++@
PROC filter(PRMTR1);
local prmtr, ppr,qpr,prob__0,prob__1,QQ, lik, j_iter, pr__0_l,pr__1_l,
F_cast, var_L, pr_val,likv,phi,PSIX,

```

```

vecp,st,st1,st2,st3,st4,ST5,ST6,ST7,ST8,ST9,ST10,ST11,ST12,ST13,
pr_tr,pr_trf1,pr_trf,prob__t,prob__pro,pr_vl,j,psi1,psi2,var_c,
delta0,DELTA1,MU0,MU1,st_k,st_k1,st_k2,st_k3,st_k4,
f_cast1,f_cast2,PR_VL1,PR_VL2,pr_trf7,pr_trf0,out_mat,tmp,
PR_TRF2,PR_TRF3,PR_TRF4,PR_TRF5,PR_TRF6,psic,psiL,
TMPRY1,TMPRY2,SM_PRL,TMP_P0,SM_PR0,JJJ,MU_MAT,D_MAT,FLT_PRN,
F1,F2,TMP00,TMP0,SM_PR00,prob_dd,VAR,A,EN,MU2,MU3;

PRMTR=TRANS(PRMTR1);

LOCATE 15,1; PRMTR';

PR_TR=(PRMTR[1:2])1-SUMC(PRMTR[1:2]))~
(PRMTR[3:4])1-SUMC(PRMTR[3:4]))~
(PRMTR[5:6])1-SUMC(PRMTR[5:6]));

PHI=PRMTR[7:8,1];
VAR=PRMTR[9:11,1];
MU1=PRMTR[12,1]; @ recession, vs. boom@
MU2=PRMTR[13,1]; @ recession, vs. boom@
MU3=PRMTR[14,1];

VAR_L=VAR[1,1]*S1T_MAT[.,COLS(S1T_MAT)] +
VAR[2,1]*S2T_MAT[.,COLS(S2T_MAT)] +
VAR[3,1]*S3T_MAT[.,COLS(S3T_MAT)];

MU_MAT= MU1*S1T_MAT+
(MU2)*S2T_MAT+ (MU3)*S3T_MAT;

/* FOR UNCONDITIONAL PROBABILITIES */

A = (eye(3)-pr_tr)|ones(1,3);
EN=(0|0|0|1);
PROB__T = INV(A'A)*A'EN; @PR[S_t=0]|PR[S_t=1], 3x1 UNCONDITIONAL
PROBABILITIES@

PR_TRF0=VEC(PR_TR);
PR_TRF =PR_TRF0|PR_TRF0|PR_TRF0;

PROB__T=VECR(PROB__T~PROB__T~PROB__T).*PR_TRF0; @3^2 x 1@
PROB__=VECR(PROB__T~PROB__T~PROB__T); @3^5 x 1@

out_mat=zeros(t,4);

LIKV=0.0;
J_ITER=1;
DO UNTIL J_ITER>T;

F_CAST1=(YY[J_ITER,1]-X_MAT[J_ITER,])*PHI*ONES(DMNSION,1)
-(MU_MAT[.,3] - MU_MAT[.,2]*PHI[1,1]
- MU_MAT[.,1]*PHI[2,1]);

PROB_DD=PR_TRF .* PROB__; @Pr[S_t,...S_{t-4}]Y_{t-1}@

tmp=prob_dd[1:9]+prob_dd[10:18]+prob_dd[19:27];
tmp=tmp[1:3]+tmp[4:6]+tmp[7:9];

out_mat[j_iter,]=tmp~(YY[J_ITER,1]-SUMC(PROB_DD.*F_CAST1));

@Pr[S_t=1|Y_t],Pr[S_t=2|Y_t],Pr[S_t=2|Y_t]@

PR_VL=(1./SQRT(2.*PI.*VAR_L)).*EXP(-0.5*F_CAST1.*F_CAST1./VAR_L).*PROB_DD;

@Pr[S_t,S_{T-1},S_{T-2},S_{T-3},S_{T-4},Y_t|Y_{t-1}]@

PR_VAL=SUMC(PR_VL);
LIK=-1*LN(PR_VAL);

```



**ANEXO B: Estadístico****1. Matriz de correlaciones entre variables componentes del ICE**

<b>Matriz de correlaciones</b>				
	<b>cemento_priv</b>	<b>Exp_bs</b>	<b>imp_int</b>	<b>rec_iva</b>
<b>cemento_priv</b>	1.000	0.492	0.811	0.405
<b>exp_bs</b>		1.000	0.867	0.876
<b>imp_int</b>			1.000	0.746
<b>rec_iva</b>				1.000

**2. Indicador del ciclo económico**

<b>Trimestre</b>	<b>ICE</b>	<b>Trimestre</b>	<b>ICE</b>	<b>Trimestre</b>	<b>ICE</b>
1988.03	-1.66468	1994.06	-0.15537	2000.09	0.59131
1988.06	-1.53013	1994.09	0.03278	2000.12	0.62806
1988.09	-1.50515	1994.12	0.06907	2001.03	0.55735
1988.12	-1.49715	1995.03	-0.04568	2001.06	0.40412
1989.03	-1.48808	1995.06	-0.00939	2001.09	0.23464
1989.06	-1.38862	1995.09	-0.23977	2001.12	0.04848
1989.09	-1.41199	1995.12	-0.0937	2002.03	-0.14158
1989.12	-1.36436	1996.03	0.01942	2002.06	-0.24859
1990.03	-1.33353	1996.06	0.20396	2002.09	-0.61682
1990.06	-1.40981	1996.09	0.36215	2002.12	-0.51971
1990.09	-1.28425	1996.12	0.51163	2003.03	-0.40506
1990.12	-1.25959	1997.03	0.60806	2003.06	-0.16179
1991.03	-1.4568	1997.06	0.64409	2003.09	0.02839
1991.06	-1.20425	1997.09	0.85692	2003.12	0.27422
1991.09	-1.15855	1997.12	0.92131	2004.03	0.57721
1991.12	-1.04131	1998.03	1.18035	2004.06	0.79771
1992.03	-0.91814	1998.06	1.29158	2004.09	0.94151
1992.06	-0.81836	1998.09	1.34319	2004.12	1.2446
1992.09	-0.66893	1998.12	1.22687	2005.03	1.47953
1992.12	-0.75481	1999.03	0.87861	2005.06	1.37535
1993.03	-0.76185	1999.06	0.70876	2005.09	1.56571
1993.06	-0.76398	1999.09	0.6537	2005.12	1.85194
1993.09	-0.66414	1999.12	0.88805	2006.03	1.96215
1993.12	-0.46167	2000.03	0.82048	2006.06	2.36089
1994.03	-0.34214	2000.06	0.6456		

## ANEXO C: Metodológico

### El proceso de estimación del modelo de cambio de régimen gobernado por una cadena de Markov<sup>33</sup>

Sea  $y_t$  el vector de (nx1) de variables endógenas observables,  $x_t$  el vector (kx1) de variables exógenas,  $Y_t = (y_t', y_{t-1}', \dots, y_t', x_t', x_{t-1}', \dots, x_{t-m}')'$  es un vector que contiene toda la información disponible hasta el momento  $t$ .

Si el proceso está gobernado por el régimen  $S_t = j$  en el momento  $t$ , entonces la función de densidad condicional de  $y_t$  viene dada por:

$f(y_t/s_t = j, x_t, Y_{t-1}; \alpha)$  donde  $\alpha$  representa el vector de parámetros relevantes.

Si existen  $N$  regímenes diferentes entonces hay también  $N$  diferentes densidades para  $j=1,2,\dots,N$  que pueden resumirse en un vector  $\eta_t$

Según esta formulación la densidad condicional depende solamente del régimen actual y no de los regímenes pasados. Si se considera que depende de tanto del valor en el período actual como del valor en el período anterior  $(s_t^*, s_{t-1}^*)$  donde  $s_t^*$  sigue una cadena de Markov con dos estados. Es posible definir una variable  $s_t$  que caracteriza el régimen para  $t$  de la siguiente forma:

$$s_t = 1 \quad \text{si} \quad s_t^* = 1 \quad \text{y} \quad s_{t-1}^* = 1$$

$$s_t = 2 \quad \text{si} \quad s_t^* = 2 \quad \text{y} \quad s_{t-1}^* = 1$$

$$s_t = 3 \quad \text{si} \quad s_t^* = 1 \quad \text{y} \quad s_{t-1}^* = 2$$

$$s_t = 4 \quad \text{si} \quad s_t^* = 2 \quad \text{y} \quad s_{t-1}^* = 2$$

<sup>33</sup> La descripción del procedimiento de estimación se realiza siguiendo a Hamilton (1994).

siendo  $p_{ij}^* = P(s_t^* = j / s_{t-1}^* = i)$ , entonces la matriz de transición es la siguiente:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11}^* & 0 & p_{11}^* & 0 \\ p_{12}^* & 0 & p_{12}^* & 0 \\ 0 & p_{21}^* & 0 & p_{21}^* \\ 0 & p_{22}^* & 0 & p_{22}^* \end{pmatrix}$$

Asumiendo que  $s_t$  responde a una cadena de Markov independiente de las observaciones pasadas de  $y_t$  o de los valores de  $x_t$  en el período actual o anteriores entonces:

$$P(s_t = j / s_{t-1} = k, \dots, x_t, Y_{t-1}) = P(s_t = j / s_{t-1} = i) = p_{ij}$$

### Procedimiento de estimación

Los parámetros relevantes que describen el proceso seguido por la variable son  $\alpha$  y los  $p_{ij}$  y se define  $\theta = (\alpha, p_{ij})$ . Aún conociendo  $\theta$  no se conoce cuál es el estado en un momento  $t$  determinado.

Sea  $P(s_{t=j} / Y_t; \theta)$  la inferencia sobre  $s_t$  basada en la información hasta el momento  $t$  y basado en  $\theta$ , para  $j=1,2,\dots,N$  estas probabilidades pueden resumirse en un vector  $\xi_{t/t}$ . A su vez puede plantearse  $\xi_{t+1/t}$  el vector de inferencias para el período  $t+1$  con la información disponible en  $t$ .

La inferencia óptima y la predicción para cada  $t$  se obtiene iterando las siguientes ecuaciones:

$$\xi_{t/t} = \frac{(\xi_{t/t-1} \Theta \eta_t)}{1' (\xi_{t/t-1} \Theta \eta_t)}$$

$$\xi_{t+1/t} = P \xi_{t/t}$$

---

Donde  $\Theta$  representa la operación de multiplicación elemento a elemento y  $\xi_{1/0}$  es el valor inicial y se supone dado.

$$\text{La función de verosimilitud } \mathbb{L}(\theta) = \sum_{t=1}^T \log f(y_t/x_t; Y_t; \theta)$$

$$\text{donde } f(y_t/x_t; Y_{t-1}; \theta) = 1'(\xi_{t/t-1} \Theta \eta_t)$$

Hamilton plantea diferentes alternativas para  $\xi_{1/0}$  el valor inicial del algoritmo, una alternativa es considerar el vector de probabilidades incondicionales  $\pi$ , otra opción que  $\xi_{1/0}$  sea igual a un vector de (Nx1) donde cada elemento sea igual a 1/N, por último plantea considerar el vector que maximiza la función de verosimilitud para  $\theta$  dado sujeto a la restricción que cada elemento del vector sea positivo y su suma sea 1.