

Modelos de indicadores líderes de actividad económica para el Perú

Enrique M. Ochoa G.*

eochoa@bcrp.gob.pe

Jorge E. Lladó M*

jllado@bcrp.gob.pe

1. Introducción

En un trabajo anterior Ochoa y Lladó (2002) elaboraron dos tipos de indicadores líderes para el período 1992-2001: uno para predecir la evolución de la trayectoria del ciclo de la economía peruana – utilizando el método de Auerbach – y otro para identificar tempranamente los *turning points* del ciclo de la misma economía – utilizando el método de *The Conference Board*.

El indicador líder obtenido con el método de *The Conference Board* condujo a un índice líder compuesto integrado por las siguientes series: producción del sector de productos químicos, caucho y plásticos; gastos no financieros del gobierno central; RIN del sistema bancario; Índice General de la Bolsa de Valores de Lima; Total de Obligaciones en moneda nacional sujetas a Encaje (TOSE); y Tasa del Saldo de Certificados de Depósitos BCRP.

El indicador líder de Auerbach mostró un elevado ajuste con respecto al PBI, además de estabilidad de parámetros y ausencia de autocorrelación.

La presente investigación pretende perfeccionar los indicadores líderes que se obtienen bajo las metodologías de Auerbach y de *The Conference Board*.

En el caso de Auerbach se pretende aumentar el significado económico de las series integrantes del índice compuesto, obtener una conformación más parsimoniosa, un mejor ajuste y mayor bondad de predicción.

En el caso de *The Conference Board*, de otro lado, el perfeccionamiento consistirá en:

- Mayor significado económico de las series.
- Mejor predicción de los puntos de quiebre.
- Observación atenta de la regla para detectar los puntos de quiebre, derivada del uso simultáneo del indicador líder y del índice de difusión.
- Empleo de la técnica para estimar la probabilidad de ocurrencia de los *turning points* de la actividad económica¹, a fin de que el indicador líder dé respuesta a las siguientes preguntas: en cada momento del tiempo,

* Los autores laboran en la Gerencia de Estudios Económicos del BCR. Agradecen los comentarios de Jesús González y Miguel Ángel Zapatero, así como a los participantes del XVIII Encuentro de Economistas de la Gerencia de Estudios Económicos del BCR llevado a cabo en enero del 2002 y de la VII Reunión de la Red de Investigadores de Bancos Centrales del Continente Americano llevada a cabo en noviembre del 2002, por sus valiosos comentarios. Las opiniones vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente la visión del BCR.

¹ Diebold y Rudebusch (1989).



¿cuál es la probabilidad de ocurrencia de una recesión dado que se está en expansión y cuál de ocurrencia de una expansión dado que se está en recesión?

Cabe señalar que la noción de indicadores líderes se ha extendido más allá de la identificación de los *turning points*, si bien éste permanece como uno de los objetivos. La OECD señala que los indicadores líderes son un complemento de las predicciones cuantitativas basadas en modelos econométricos. Los indicadores líderes proveen información empírica útil para interpretar y evaluar las predicciones económicas de esos modelos.

Por otro lado se realiza un análisis de los ciclos de la actividad económica mediante el empleo de las probabilidades de *switching* o de distribuciones mixtas².

La investigación se divide de la siguiente manera. En la segunda parte se presenta la motivación existente en la teoría de indicadores líderes. La tercera parte muestra una revisión de la literatura sobre indicadores líderes, explicando las diversas metodologías existentes. En la cuarta parte se presenta una serie de indicadores de bondad de ajuste, los cuales son empleados en la selección del índice líder óptimo. En la quinta parte se muestran los resultados para la economía peruana. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones así como la bibliografía.

2. Aspectos conceptuales

En la década de 1930 el *National Bureau of Economic Research (NBER)* realizó un estudio comparativo orientado a elaborar una cronología de los puntos más altos (picos) y más bajos (simas) de la actividad económica de Alemania, Estados Unidos de América, Francia e Inglaterra. Este estudio permitió advertir la existencia de elementos comunes entre las fluctuaciones de diversas series y aquéllas observadas en el producto. Wesley Mitchell y Arthur Burns construyeron, entonces, en 1937, una relación de indicadores coincidentes, rezagados y líderes de la actividad económica de los Estados Unidos de América, dándose el punto de partida en la elaboración de este tipo de indicadores.

Como su nombre lo indica indicadores coincidentes son aquellos cuya evolución temporal coincide con la del producto. Los indicadores rezagados, por su parte, muestran una trayectoria que reproduce la del producto pero con rezagos. Finalmente, los indicadores líderes exhiben una trayectoria que identifica tempranamente la evolución del producto.

El supuesto fundamental en que se basa la teoría de indicadores líderes es que las fluctuaciones de la actividad económica son recurrentes o estacionarias en el largo plazo, por lo que si es posible identificar series macroeconómicas que muestren un adelanto con respecto a la evolución actual del producto, será posible también utilizar estas mismas series para identificar tempranamente posteriores fluctuaciones en el producto.

Este supuesto de estacionariedad, sin embargo, tiene ciertas limitaciones subrayadas por la propia teoría de indicadores líderes: las fluctuaciones en la actividad económica no son periódicas y los factores explicativos de los ciclos económicos no necesariamente se mantienen a lo largo de diversos ciclos. Mientras el primer punto reconoce el grado de error de los indicadores líderes en su intento de anticipar el comportamiento del ciclo y, por lo tanto, la necesidad de elaborar metodologías que evalúen numéricamente el desempeño de los indicadores líderes, el segundo punto conduce la teoría hacia los índices compuestos, esto es a la agregación de indicadores líderes para anticipar mejor el ciclo.

Los índices compuestos han permitido afinar las razones económicas (significancia económica) por las cuales una serie podría adelantar la evolución de la actividad económica y, en este sentido, debería formar parte del índice compuesto. Así, se distinguen los siguientes mecanismos:

a) Causa fluctuaciones en la actividad económica (por ejemplo, los instrumentos de política monetaria como las tasas de interés de corto plazo).

² Hamilton (1994) y Johnson (2000).

- b) Expresa las expectativas de los agentes económicos (por ejemplo, encuesta de expectativas de consumidores o empresas, precios de las acciones).
- c) Mide la actividad económica en una etapa temprana del proceso de producción (solicitudes de construcción de casas, producción de bienes intermedios).
- d) Se ajusta rápidamente a cambios en la actividad económica (horas extras).

Los indicadores líderes compuestos se aplicaron en un principio al estudio del ciclo económico (*economic cycle*), aunque desde la década de 1970 el énfasis giró hacia el ciclo de crecimiento o desviación de la tendencia (*growth cycle o deviation-from-trend*). El ciclo económico caracteriza las fluctuaciones según haya crecimiento o declinación en términos absolutos en la actividad económica. El ciclo de crecimiento, por el contrario, se basa en la evolución de la tasa de crecimiento de la actividad económica: una recesión corresponderá a una etapa en la que el ritmo de crecimiento de la economía se desacelera (así esto no se traduzca en tasas negativas) y una expansión a una en que el ritmo de crecimiento se acelera (así no se traduzca en tasas positivas). En otras palabras, el ciclo de crecimiento observa las fluctuaciones de la actividad económica alrededor de una tendencia de largo plazo.

Estrictamente hablando, la teoría de indicadores líderes ha ido por dos vertientes diferentes: una hacia la predicción de la serie de actividad económica y otra hacia la identificación temprana de los puntos de quiebre, cambios de dirección o *turning points* del ciclo.

La primera vertiente ha recibido el nombre de enfoque basado en regresiones (*regression-based approach*), y puede citarse como ejemplos de este enfoque a Neftci (1979), Auerbach (1982) y Bravo y Franken (2001). En estos trabajos el error de predicción entre la serie líder y la serie de actividad económica recibe la misma ponderación, independientemente del punto del ciclo en el que ocurre el error. En otras palabras, el objetivo es lograr un buen ajuste entre las dos series y no necesariamente un buen ajuste en el *turning point*. Este enfoque ha dado lugar a la utilización de los indicadores líderes como variables exógenas en modelos econométricos de predicción, como lo hacen la *Statistics Netherlands* y la Comisión Europea.

El enfoque alternativo –el no basado en regresiones– apunta al descubrimiento adelantado de los puntos de quiebre del ciclo, es decir de los puntos máximos (en que la economía pasa de una expansión a una declinación) y de los puntos mínimos (en los que la economía pasa de una declinación a una expansión)³.

Deben efectuarse algunas precisiones adicionales con respecto a la teoría de indicadores líderes. Algunos autores distinguen los indicadores líderes *long-leading* de los indicadores líderes *short-leading*. En esta línea, Cullity y Moore (1990) clasifican, para la economía estadounidense, como *long-leading* a la serie compuesta que adelanta, en promedio, por lo menos doce meses los picos de actividad económica y por lo menos seis meses las simas de actividad económica, correspondiendo al *short-leading* un menor adelanto tanto en ambos puntos de quiebre.

De otro lado, la teoría de indicadores líderes alude insistentemente a la comparación entre el índice compuesto líder y la actividad económica. La pregunta relevante es: ¿cómo medir la actividad económica o lo que Stock y Watson definen como el “estado de la economía”? En la medida en que la mayoría de trabajos sobre la materia emplea data de periodicidad mensual, la respuesta predominante ha sido utilizar como variable *proxy* el producto bruto interno real en aquellas economías en las que el producto es medido mensualmente o el producto industrial en aquellas economías en que la medición del producto se efectúa de manera sólo trimestral. Debe señalarse, sin embargo, que contra este enfoque que vincula la actividad económica sólo a la evolución de la producción, Stock y Watson (1989) sugieren definir el ciclo en términos de la observación de los movimientos conjuntos en la producción, el empleo y las ventas, en tanto que Banerji e Hiris (2001) recomiendan considerar variables como producto, ingreso, empleo y ventas.

³ Un caso interesante es el que ofrece el Centro de Investigación en Finanzas y Mercado de Capitales (1999). En este trabajo se construye un indicador líder para identificar los puntos de quiebre de la serie de PBI de la economía argentina. Al final del artículo se efectúa un ejercicio –utilizando mínimos cuadrados ordinarios– por el cual se regresiona la serie de PBI contra una constante y un determinado rezago del indicador líder. Se selecciona el rezago que conduzca a un mayor ajuste y se utiliza la ecuación para hacer proyecciones del PBI trimestral.



Otro punto de discusión en la teoría es si puede hablarse de un mismo patrón de estacionariedad entre las fases de expansión y las fases de declinación. El punto de vista intrínseco – Neftci (1982), Hamilton (1989) y Diebold y Rudebusch (1989) – considera que las expansiones y recesiones son períodos de distinto comportamiento económico, en tanto que el enfoque extrínseco supone que ambas fases se basan en una estructura estable que se adapta a *shocks*.

Finalmente, habría que agregar que las metodologías para la construcción de indicadores líderes pueden extenderse a la identificación adelantada de otras series económicas distintas a la actividad económica. En tal sentido, Banerji e Hiris (2001) refieren que estas metodologías podrían aplicarse para la construcción de indicadores líderes de inflación, empleo, comercio exterior, actividad económica doméstica e incluso a sectores específicos como los servicios, manufactura y construcción. En este sentido, los autores presentan estimaciones de indicadores líderes *short* y *long* de empleo, manufactura, servicios, construcción, balanza comercial, importaciones, exportaciones e inflación (denominada esta última *Future Inflation Gauge*).

3. La teoría de los indicadores líderes

3.1 Tratamiento de la serie de ciclo de crecimiento económico

El ciclo del índice líder compuesto que se construya será contrastado con una serie que refleje el ciclo de la actividad económica. Esta última serie deberá tener identificados claramente las fases del ciclo (expansiones y recesiones), así como los *turning points* correspondientes. A continuación se pasará a describir brevemente dos metodologías utilizadas para definir estos elementos del ciclo de actividad económica:

3.1.1 *The Phase Average Trend (PAT)*⁴

Esta metodología, que ha sido elaborada por el *US National Bureau of Economic Research (NBER)* y que permite identificar las fases del ciclo, los *turning points* y además permite extraer la tendencia de largo plazo de la serie, consiste en lo siguiente:

- Se desestacionaliza la serie del producto bruto interno o producción industrial.
- Se determinan *turning points* preliminares.
- Se emplea la rutina de Bry-Boschan, que consiste en los siguientes pasos, para identificar los *turning points*:
 - Determinación de los ciclos en la serie transformada con promedios móviles doce meses.
 - Se identifican los *turning points* en un intervalo centrado de 10 meses.
 - Se fuerza la alternancia de giros seleccionando el pico más alto de varios picos (o la sima más pronunciada de varias simas).
 - Identificación del valor más alto o más bajo alrededor de +/- 5 meses de los giros seleccionados en el promedio móvil de 12 meses (Curva de *Spencer*).
 - Se fuerza la duración mínima del ciclo a 15 meses eliminando los picos más bajos y las simas más altas de los ciclos más cortos.
 - Identificación del valor más alto o más bajo alrededor de +/- 5 meses del giro seleccionado en la curva de *Spencer*.

⁴ OECD (2001), Everhart y Duval-Hernández (2001) y Morón y Casas I (2002),

- Identificación del valor más alto o más bajo alrededor de +/- 4 meses del giro seleccionado mediante el procedimiento anterior.
- Eliminación de los giros dentro de los 6 meses al comienzo y al final de la serie.
- Eliminación de los picos o simas a ambos extremos de la serie que sean inferiores o superiores a los valores cercanos a dichos extremos.
- Eliminación de los ciclos cuya duración sea menor a 15 meses.
- Eliminación de fases cuya duración sea menor a 5 meses.
- Terminada la rutina de *Bry-Boschan*, se procede a encontrar la tendencia de la serie original:
- Se promedian los datos de cada fase y se calcula un promedio móvil 3 meses con esos promedios.
- Los valores obtenidos son colocados en el punto medio de un período de tres fases y luego se unen estos valores.
- El nivel final de la tendencia se ajusta para que coincida con el de la serie original.
- Se extrapola la tendencia al final de la serie, a través del cálculo de la pendiente de los tres últimos puntos medios.
- Se extrae la tendencia.

Esta metodología es empleada por la OECD. El problema de esta metodología es que se requiere un continuo cálculo de fases, *turning points* y tendencia conforme se incorporan más datos. Además se pierden observaciones como resultado de los promedios móviles, obligando a la extrapolación.

3.1.2 *The Six-month Smoothed Growth Rate*

Este procedimiento fue creado por Layton y Moore en 1989⁵ y comprende los siguientes pasos:

- La serie de producto bruto interno o de producción industrial es desestacionalizada.
- Luego se procede a transformarla mediante el reemplazo de cada cifra por el coeficiente que resulte de dividir esta cifra entre el promedio de los últimos doce meses. Esto no es sino una forma de extraer la tendencia de la serie.
- A partir de esta serie se procede a identificar los *turning points*, fases y ciclos. No se ofrece un método para proceder a la identificación pero se podría utilizar la rutina de *Bry-Boschan* descrita líneas arriba.

La ventaja de este método es que la tendencia sólo sufre variaciones en los últimos datos cuando se añade observaciones. Además no es necesaria la extrapolación.

3.2 Selección de las series para el Índice Compuesto

La teoría de los indicadores líderes –sea su objetivo identificar tempranamente los *turning points* o sea la predicción de la evolución de la actividad económica – no proporciona una metodología estándar para

⁵ Banerji e Hiris (2001).



seleccionar las series macroeconómicas que deben incluirse en el índice compuesto. Sin embargo, puede mencionarse un conjunto de criterios que en mayor o menor medida son tenidos en cuenta en los trabajos revisados. Éstos son los siguientes:

Significado económico.- Debe haber una razón económica que explique la relación adelantada de la variable con respecto al PBI.

Conformidad.- Se refiere a la necesidad de que la variable tenga una correlación con el nivel de actividad económica. El signo del coeficiente de correlación definirá si la variable es procíclica, contracíclica o atemporal. Esta característica deberá mantenerse a lo largo de la muestra.

Consistencia temporal.- Hace alusión al requisito de que la variable adelante a la actividad económica bajo distintos ciclos económicos.

Adecuación estadística.- Los datos deben ser obtenidos y procesados siguiendo requerimientos estadísticos como aleatoriedad, muestra relevante, fuentes confiables.

Suavidad.- Son preferibles las series con un comportamiento no errático o estacionario. Los componentes no estacionarios no son susceptibles de predicción y pueden informar erróneamente sobre la evolución futura de la actividad económica.

Disponibilidad.- La variable debe estar disponible en el momento requerido de acuerdo con las exigencias del indicador líder.

Representatividad de toda la economía.- Las series seleccionadas deben reflejar los distintos sectores y condiciones de la economía. De lo contrario, no podrían captar algunos cambios en la actividad económica cuando éstos se originaran en sectores específicos.

Adicionalmente, las variables deben estar a disposición con facilidad, ser compiladas en una base mensual (no trimestral) y no deberían estar sujetas a revisiones frecuentes.

3.3 Tratamiento de las series seleccionadas

No existe una metodología estándar para transformar las series elegidas, en forma previa a su agregación final, si bien como se verá más adelante las transformaciones efectuadas en cada caso persiguen objetivos similares. A continuación se pasará a explicar brevemente las principales metodologías disponibles; luego de ello se describirán algunas variantes utilizadas en la bibliografía revisada:

3.3.1 Método de la NBER

- Se eliminan los componentes no observados de tendencia y estacionalidad en las series seleccionadas.
- Se *rankean* las series seleccionadas, mediante un sistema subjetivo de puntajes a características tales como significación económica, calidad estadística, comportamiento de los puntos de inflexión, variabilidad a lo largo del ciclo, disponibilidad y conformidad con los ciclos históricos. Las series son ordenadas de acuerdo con el puntaje promedio ponderado que obtienen, y se seleccionan aquellas que alcanzan un puntaje máximo.
- Para evitar el predominio de las series de mayor varianza se normaliza la volatilidad de las series. El investigador determina la ponderación de cada serie antes de efectuar la agregación.

3.3.2 Método de la OECD

- Se extrae la estacionalidad de cada serie.
- Se considera que diferentes indicadores económicos esencialmente tienen las mismas variaciones de mediano plazo y que las diferencias de corto plazo entre ellas podrían ser aprovechadas para propósitos de predicción. Sin embargo, estas diferencias son oscurecidas por diferentes tasas de crecimiento de la tendencia de largo plazo⁶. Por lo tanto, se busca extraer esta tendencia, de manera que cada serie muestre la evolución sin este componente.
- Para extraer la tendencia se utiliza el *Phase-Average Trend (PAT)* descrito antes.
- Se elimina el componente irregular de cada serie, usando el método *Months for Cyclical Dominance (MCD)*⁷. El MCD es definido como el menor horizonte temporal en meses para el que el ratio I/C sea menor que la unidad (I es el componente irregular de la serie y C es el componente cíclico de la serie), es decir es el menor horizonte temporal que permite que el ciclo domine al componente irregular. En serie mensuales el MCD se ubica entre 1 y 6, y en series trimestrales entre 1 y 2. El método consiste en calcular las variaciones porcentuales de cada componente a lo largo de la muestra y extraer la variación porcentual promedio de cada componente. Estas variaciones promedio se introducen en el ratio I/C para obtener su valor. Si I/C es menor que uno habiendo calculado las variaciones porcentuales en un horizonte de un mes (cada mes respecto al anterior), entonces se dirá que la serie tiene MCD igual a 1 o que no necesitaba transformación (*smoothness*). Si, por el contrario, I/C fuera mayor que uno, se procede a calcular las variaciones porcentuales de cada mes con respecto a dos meses anteriores (horizonte de dos meses), repitiéndose los demás pasos descritos, y, de ser necesario, se aumenta el horizonte temporal hasta 6. Lógicamente, cuanto menor el MCD, más suave es la serie o menos irregular. Definido el MCD de cada serie, se divide cada serie entre su MCD. De esta manera, todas las series quedan con igual MCD (=1), indicando que cada una está libre del componente irregular. Este paso es importante en la medida que no se quiere que el índice compuesto final pueda estar influenciado fuertemente por un componente irregular que por su naturaleza no expresaría adecuadamente la evolución futura de la actividad económica.
- La amplitud del ciclo es homogenizada entre las series.
- Se agregan las series transformadas. Podría ser necesario adelantar o rezagar las series, de manera previa a la agregación. De igual modo, podría considerarse necesario emplear ponderadores distintos para la agregación. En general, no se opta por ninguna de estas dos opciones.

La OECD efectúa cálculos mensuales de indicadores líderes para 22 países miembros y zonas geográficas agregadas. Los países miembros incluyen a Canadá, Estados Unidos de América, México, Japón, Australia, Austria, Bélgica, Luxemburgo, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza y Reino Unido. Las zonas geográficas agregadas incluyen OECD total, OECD Europa, Grupo de los 15, Zona del Euro, las 4 economías principales de Europa, el Grupo de los 7 y el NAFTA.

3.3.3 Método del *Economic Cycle Research Institute (ECRI)*

- Se inicia con la búsqueda de amplitud-estacionaria (*amplitude-stationarity*) en las series, esto es, se intenta que la varianza de cada serie en torno a su línea de tendencia, medida ésta en forma separada para cada ciclo, permanezca invariable de ciclo a ciclo. Para este fin, se convierten a logaritmos las series cuya varianza a lo largo de los ciclos es proporcional a sus niveles. En el caso de series como tasas de crecimiento, de las que se esperaba que tuvieran amplitud-estacionaria en primer lugar, las series son usadas directamente.

⁶ Arnaud (2000).

⁷ Brunet (2000) y www1.OECD.org/std/cli/cligloss.htm.



Se obtiene la estacionariedad en varianza.

- Se procede a la normalización o estandarización de las series, mediante la aplicación de un factor de estandarización formado por la desviación estándar de las series estacionarias sin tendencia.

Se consigue la estacionariedad en media.

- Se agregan las series, usando ponderadores iguales o diferentes. El índice compuesto podría ser suavizado o podría ser susceptible de extracción de tendencia o de ajustes en la varianza para lograr un mayor ajuste con la serie objetivo (PBI o producción industrial).

- La principal diferencia con los métodos de la NBER y de la OECD estriba en que la tendencia no se extrae a las series particulares sino al agregado. Además, a diferencia de la OECD no utiliza el método de los componentes no observados para transformar las series.

3.3.4 Método de *The Conference Board*⁸

- Se desestacionalizan las series si fuese necesario⁹.
- Se clasifican las series en adelantadas, coincidentes o rezagadas. Una variable es adelantada si el mayor coeficiente de correlación en valor absoluto entre la variable y el PBI se presenta con un adelanto superior a un mes en la variable y es coincidente si el mayor coeficiente se registra contemporáneamente o con un solo mes de adelanto o retraso. Finalmente, la variable es rezagada si la mayor correlación se presenta con un retraso mayor a un mes.
- Se clasifican las variables en procíclicas, contracíclicas y acíclicas. Las procíclicas se mueven en la misma dirección que el producto, por lo que presentan una correlación positiva. Las contracíclicas se mueven en dirección contraria al producto por lo que su correlación es negativa. Las acíclicas no muestran ningún patrón comparable al del producto, por ende su correlación tenderá a cero. Adicionalmente se tienen en cuenta los siguientes valores críticos de los coeficientes de correlación:

$\rho_{\text{variable, PBI}} > 0,2$	\Rightarrow	variable es procíclica
$\rho_{\text{variable, PBI}} < -0,2$	\Rightarrow	variable es contracíclica
$-0,2 < \rho_{\text{variable, PBI}} < 0,2$	\Rightarrow	variable es acíclica

- Se calcula el cambio mensual en cada variable adelantada. Si la serie está en cambio porcentual o tasa de interés, se aplica la diferencia aritmética simple:

$$x_t = X_t - X_{t-1}$$

En caso contrario, se utiliza la siguiente fórmula para computar la variación mensual:

$$x_t = 200 * (X_t - X_{t-1}) / (X_t + X_{t-1})$$

En suma, se está buscando que las series sean estacionarias en media.

- Los cambios mensuales se ponderan de manera inversa a la volatilidad de la serie, de manera que una serie más volátil recibe menor peso relativo.

Se busca, entonces, que las series sean estacionarias en varianza.

⁸ Centro de Investigación en Finanzas y Mercado de Capitales (1999).

⁹ Se emplea el programa X-12 ARIMA.

- Se agregan las series, obteniéndose el índice líder compuesto.
- Antes del 2001, para obtener el índice líder se efectuaba un paso previo que consistía en multiplicar los cambios mensuales ponderados de las series adelantadas por un factor de estandarización. Éste era el cociente entre la desviación estándar de los cambios mensuales ponderados del índice coincidente y la desviación estándar de los cambios mensuales ponderados del índice líder. En la actualidad, esta transformación ha sido dejada de lado.
- Al igual que el método de la ECRI, la tendencia se extrae del agregado y el énfasis se pone en la estacionariedad (en media y en varianza) y no en los componentes no observados.

3.3.5 Método de Auerbach¹⁰

- Este método emplea la técnica de mínimos cuadrados ordinarios para evaluar el ajuste entre el PBI o la producción industrial y un conjunto de series rezagadas. Además, se considera como variable explicativa a la variación de días no laborables respecto al mismo mes del año anterior. El rezago de cada serie es obtenido por un sistema subjetivo de puntajes igual al utilizado por NBER.

$$Y_t = \sum_i b_i x_{it-L} + DF_t$$

En la ecuación Y_t es la variación del PBI real con respecto al mismo mes del año anterior, x_{it-L} es la serie i que forma parte del indicador líder compuesto y que entra en la ecuación con un rezago L , y DF_t es la variación de días no laborables con respecto a similar mes del año anterior.

- De los métodos revisados es el único que requiere que todas las series tengan la misma cantidad de observaciones.
- Asimismo, es el único que tiene como objetivo la predicción del ciclo de la actividad económica. Todos los anteriores tenían como objetivo la identificación anticipada de los puntos de quiebre del ciclo.

4. Evaluación de los indicadores líderes

La pregunta que se responderá en este capítulo es cómo evaluar el desempeño del índice líder compuesto, una vez que éste ha sido construido a través de cualquiera de los métodos reseñados en el capítulo anterior.

Para responder a esta interrogante, es necesario considerar que los métodos de evaluación disponibles difieren según el objetivo para el cual se construyó el indicador líder. En tal sentido, se hará referencia, primero, a métodos de evaluación aplicables a indicadores líderes orientados a la predicción del ciclo y, posteriormente, se considerará el caso de los indicadores líderes orientados a la identificación adelantada de los *turning points*.

¹⁰ Bravo, Felipe y Franken, Helmut (2001)



4.1 Indicadores líderes orientados a la predicción de la trayectoria de la actividad económica

4.1.1 *U-Theil*

Se utiliza la *U* de *Theil* para evaluar la bondad de predicción del índice líder compuesto con respecto a la serie de referencia del ciclo del crecimiento económico (que generalmente es el producto industrial o el PBI). Diebold y Rudebusch (1991) estiman regresiones del logaritmo de la producción industrial de los Estados Unidos de América contra los rezagos de esta variable y los rezagos del logaritmo del índice compuesto adelantado, para diferentes horizontes de adelanto ($k = 1, 4, 8$ y 12) y para diferentes longitudes de rezago ($p = 1, 4, 8$ y 12). Se realiza lo mismo con las series expresadas como diferencias de logaritmos.

En la presente investigación:

$$PBI_t = b_0 + \sum_{i=1}^p b_i PBI_{t-i-k+1} + \sum_{i=1}^p g_i ILC_{t-i-k+1} + e_t$$

siendo *PBI* el logaritmo del Producto bruto interno e *ILC* el logaritmo del índice líder compuesto.

Para elegir la regresión, se determina el valor del coeficiente de Schwarz, definido como :

$$Schwarz = -\frac{2\ell}{n} + \frac{k \log n}{n}$$

donde k es el número de parámetros estimados, n es el número de observaciones y ℓ el valor de la función log verosímil usando los k parámetros estimados.

En consecuencia, se elige la regresión – sea en logaritmos o en diferencia de logaritmos – cuyos horizontes de predicción y longitud de rezagos conducen al menor valor hallado de Schwarz.

Posteriormente, se calcula la *U* de *Theil* de la regresión seleccionada. Para ello, se va tomando cada vez tamaños más grandes de la muestra y se calcula en cada caso el estadístico *U* de *Theil* estático y dinámico. Este indicador fluctúa entre 0 y 1, correspondiendo el valor de 0 a un ajuste perfecto. Finalmente se promedian los *U*-*Theil* estáticos obtenidos y por otro lado, los *U*-*Theil* dinámicos.

$$U - Theil = \frac{\sqrt{\frac{1}{h+1} \sum_{t=s}^{s+h} (y_t - \hat{y}_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{h+1} \sum_{t=s}^{s+h} \hat{y}_t^2} + \sqrt{\frac{1}{h+1} \sum_{t=s}^{s+h} y_t^2}}$$

Habría que señalar que el cálculo del *U* de *Theil* está acompañado de información sobre la proporción del error cuadrático medio predicho debido a la media¹¹, varianza¹² y covarianza¹³. Cuanto más cercano a 0 sea el *U* de *Theil* y cuanto menor sea la proporción del error debido a la media y varianza, el resultado será mejor en términos de predicción.

¹¹ Informa sobre cuánto difiere el promedio de la predicción de la media de la serie real.

¹² Informa sobre cuánto difiere la varianza de la predicción de la variación de la serie real.

¹³ Mide el resto de errores no sistemáticos de predicción.



4.2 Indicadores líderes orientados a la predicción de los *turning points*

4.2.1 Características de los adelantos (*leads*)

Bajo este método se evalúa si el indicador líder cumple las siguientes condiciones:

- Adelanta todos los picos.
- Adelanta todas las simas.
- El nivel de adelanto es el mismo para los distintos picos de ciclos diferentes.
- El nivel de adelanto es el mismo para las distintas simas de ciclos diferentes.
- No ofrece una falsa señal de punto de quiebre.
- Identifica todos los puntos de quiebre.

En la práctica es difícil encontrar un índice que mantenga el mismo nivel de adelanto (*lead*) o uniformidad en ciclos diferentes. Asimismo, de la literatura revisada no es infrecuente la presentación de falsas alarmas de puntos de quiebre o la no identificación de un punto de quiebre¹⁴.

4.2.2 Cambio porcentual en el indicador líder

Se suele transformar el indicador líder para evaluar su capacidad de anticipación de las expansiones y recesiones.

La transformación más conocida es la sugerida por Vaccara y Zarnowitz, según la cual tres meses consecutivos de caída (aumento) en el índice líder predicen una recesión (expansión), esto es la existencia de un pico (sima)¹⁵.

Otra regla empleada es la del cambio porcentual doce meses, en la que cada cifra del indicador líder es dividida por el promedio móvil de la serie centrado en m-12. Esta transformación permite un adelanto más largo de los puntos de quiebre¹⁶.

Sin embargo, ambas reglas no excluyen la posibilidad de falsas alarmas o de falta de identificación de puntos de quiebre.

La principal observación a estos indicadores es que un cambio en la dirección del indicador líder no indica un punto de quiebre, al menos que el cambio sea lo suficientemente grande, durable y extendido.

4.2.3 Índice de Difusión

El índice de difusión registra la proporción de las series del índice compuesto que está aumentando en un determinado momento sobre el total de series que componen el índice compuesto. El índice de difusión varía entre 0 y 100 si se mide en porcentajes, o entre 0 y la máxima cantidad de series que integran el índice compuesto si se mide en valores absolutos.

En un análisis gráfico, cuanto mayor sea la coincidencia entre el indicador líder y su índice de difusión, mayor habrá sido el impacto de la mayoría de componentes del indicador líder sobre la variación de éste y menor el impacto de una variación irregular en alguno de ellos. Esta mayor coincidencia tendría efectos positivos sobre la

¹⁴ Ver, por ejemplo, los casos de Alemania, México, Noruega y los Estados Unidos de América en Petit, Salou, Beziz y Degain (1996), Centro de Investigación en Finanzas y Mercado de Capitales (1999); y OECD (2001).

¹⁵ Centro de Investigación en Finanzas y Mercado de Capitales (1999); y OECD (2001).

¹⁶ OECD (2001).



capacidad del índice líder para anticipar los puntos de quiebre y evitar las falsas señales y la no identificación de puntos de quiebre, de ahí la importancia de calcular el índice de difusión.

4.2.4 Cambio porcentual en el Indicador Líder e Índice de Difusión

Una regla de evaluación de la capacidad predictiva de los *turning points* es transformar simultáneamente el indicador líder y el índice de difusión. Este tipo de transformaciones simultáneas ha conducido a resultados importantes, como se señala a continuación:

The Conference Board para la economía estadounidense: “El análisis histórico muestra que advertencias de recesión son mejor determinadas cuando la tasa anualizada de cambio en el índice líder 6-meses (es decir, comparando el valor de cada mes con el de 6 meses antes) cae en más de 3,5 por ciento y, al mismo tiempo, el índice difusión se sitúa debajo del 50 por ciento en un horizonte de 6 meses, una declinación en por lo menos la mitad de los componentes del índice de difusión en un período de 6 meses (es decir, comparando el valor de cada mes con el de 6 meses antes)”.

En el presente trabajo se muestra que la regla para detectar un pico consiste en que el índice líder caiga en más de 1 por ciento anualizado con respecto a seis meses antes y que el índice de difusión (6 meses) sea menor o igual a 50 por ciento. Para la detección de una sima, se requiere que el índice líder aumente en más de 1 por ciento anualizado con respecto a hace seis meses y que el índice de difusión (6 meses) sea mayor o igual a 50 por ciento.

4.2.5 Tests no paramétricos

Es frecuente encontrar entre los criterios de evaluación el adelanto promedio del indicador líder, así como la desviación estándar del mismo¹⁷. De acuerdo con Granger y Newbold (1986) y Banerji (1999), este criterio tiene poco significado estadístico desde que se desconoce la forma funcional de la distribución de probabilidad de los adelantos. Bajo estas circunstancias, el autor sugiere el empleo de *tests* no paramétricos.

La ventaja de estos *tests* es que no requiere el conocimiento de la forma funcional de la distribución de probabilidad de los adelantos, ni tampoco requiere un número mínimo de observaciones para obtener parámetros estimados confiables.

Banerji (1999) propone diversos *tests* no paramétricos para comparar el desempeño de dos indicadores líderes alternativos, tales como el *Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test*, el *Moses test* y el *Randomization test for matched pairs*.

La última prueba nombrada es la desarrollada por el autor. Esta prueba consiste en el cálculo de la diferencia de adelanto de un indicador frente al otro en distintos puntos de quiebre. Seguidamente, suma las diferencias, asignándole signos positivos a cada diferencia. Entonces se comienza a cambiar los signos sistemáticamente, uno por uno, de manera de generar todos los resultados posibles con sumas iguales o mayores que aquella observada al inicio. Estos resultados permiten encontrar una probabilidad de no aceptación de la hipótesis nula “ las diferencias de adelanto entre los dos indicadores no son estadísticamente significativas”. Para muestras mayores a 25 observaciones, una aproximación normal puede ser usada.

4.2.6. Probabilidades de *turning points*

Los criterios reseñados hasta el momento son, con excepción de los *tests* no paramétricos, básicamente gráficos y numéricos, pero sin mayor validez estadística. Los recientes adelantos hacia el desarrollo de criterios de evaluación más sólidos de los indicadores líderes, intentan aproximarse a los puntos de quiebre en términos de

¹⁷ Ver, por ejemplo, Petit, Salou, Beziz y Degain (1996)



probabilidad de que la economía se encuentre en recesión o expansión, pudiendo fijarse un nivel de significancia para estos valores probabilísticos. A continuación se va a explicar en qué consiste esta aproximación probabilística a la evaluación de los indicadores líderes.

Hamilton (1994) explica que las fases del ciclo – que algunos definen como expansión y recesión, y otros como expansión, recesión y crecimiento estable – pueden ser entendidas como regímenes distintos dentro de un mismo modelo. En otras palabras, el paso de una fase a otra podría ser modelado como un cambio de régimen. En la medida en que hay incertidumbre sobre el momento en que se dará el cambio de fase, el cambio de régimen se considera como una variable aleatoria, cuya ocurrencia futura está sujeta a una probabilidad.

Hamilton (1994) detalla cómo las Cadenas de Markov pueden ser usadas para modelar el indicador líder en medio de una variable aleatoria con cambios discretos, como son los cambios de régimen. El autor muestra que los procesos de distribuciones mixtas – un caso especial dentro de las cadenas markovianas – puede ser de utilidad para el tratamiento de los cambios de régimen discretos.

Diebold y Rudebusch (1989) extienden estos resultados para obtener la probabilidad de ocurrencia de una recesión o pico dado que la economía se encuentra en expansión o de una expansión o sima dado que la economía se encuentra en recesión.

Se define π_t como la **probabilidad de ocurrencia de un turning point**. Para la predicción de una recesión o pico, π_t está dada por:

$$\pi_t = \frac{[\Pi_{t-1} + \Gamma_t^u (1 - \Pi_{t-1})] f^d(x_t | \bar{x}_{t-1})}{\{[\Pi_{t-1} + \Gamma_t^u (1 - \Pi_{t-1})] f^d(x_t | \bar{x}_{t-1}) + (1 - \Pi_{t-1}) f^u(x_t | \bar{x}_{t-1}) (1 - \Gamma_t^u)\}}$$

donde Γ_t^u es la probabilidad de un pico en el período t dado que uno no ha ocurrido todavía y f^u y f^d son las densidades de probabilidad de que la última observación provenga de un régimen expansivo o recesivo, respectivamente y condicional sobre las observaciones previas. En el caso de la predicción de una expansión o sima, se tiene lo siguiente:

$$\pi_t = \frac{[\Pi_{t-1} + \Gamma_t^d (1 - \Pi_{t-1})] f^u(x_t | \bar{x}_{t-1})}{\{[\Pi_{t-1} + \Gamma_t^d (1 - \Pi_{t-1})] f^u(x_t | \bar{x}_{t-1}) + (1 - \Pi_{t-1}) f^d(x_t | \bar{x}_{t-1}) (1 - \Gamma_t^d)\}}$$

donde Γ_t^d es la probabilidad de una sima en t dada una continua contracción.

Se trabaja con probabilidades de transición invariantes en el tiempo (i.e., $\Gamma_t^u = \Gamma^u$ y $\Gamma_t^d = \Gamma^d$), a las cuales se asigna valores iniciales. Los valores de Γ^u y Γ^d son aquellos que minimizan los estadísticos QPS y LPS, a ser explicados en las páginas siguientes.

En la construcción de f^u y f^d se emplean las variaciones porcentuales simétricas de los indicadores compuestos adelantados. Luego de agrupar las observaciones de los indicadores compuestos en dos grupos correspondiendo a los regímenes de expansión y recesión, se procede a estimar las densidades relevantes f^u y f^d . Se emplea además la función de densidad normal.

π_{t-1} es igual a cero cuando empieza un nuevo régimen. A esta variable se le impone un límite superior de 0,95 debido a que si toma un valor de 1 forzaría a que las predicciones de probabilidad restantes sean iguales a uno en el régimen.



4.2.7. *Scoring Rules*

Diebold y Rudebusch (1989) construyen unos estadísticos denominados *scoring rules* para evaluar el desempeño de la distribución de probabilidad de ocurrencia de un *turning point*.

Se define P_t como la probabilidad de ocurrencia de un *turning point* en la fecha t (o de manera más general, sobre un horizonte específico H más allá de t). P_t se calcula a partir del indicador compuesto líder. De igual modo se define R_t como la serie de realizaciones, la cual es igual a uno si un *turning point* ocurre en el período t (o sobre el horizonte H) y es igual a cero de otro modo. En nuestro caso, R_t se estima a partir de la serie del PBI.

Quadratic Probability Score

$$QPS = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T 2 (P_t - R_t)^2$$

El QPS varía entre 0 y 2, correspondiendo el valor de 0 a un ajuste perfecto. Mide la precisión.

Se trabaja para horizontes de predicción en la variable de realización R_t que van de 1 a 9 meses¹⁸. Para cada horizonte, se obtiene el Γ^u que minimiza el QPS. Asimismo se halla el Γ^d que minimiza el estadístico en cuestión.

Log Probability Score

$$LPS = -\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [(1 - R_t) \ln(1 - P_t) + R_t \ln(P_t)]$$

El LPS varía entre 0 e infinito, correspondiendo el valor de 0 a un ajuste perfecto. Mide la precisión. La función de pérdida asociada al LPS difiere con la correspondiente a la del QPS ya que grandes errores son penalizados más estrictamente bajo el LPS.

Al igual que para el QPS, se trabaja para horizontes de predicción en R_t que van de 1 a 9 meses. Para cada horizonte, se obtiene el Γ^u que minimiza el LPS. De igual manera se halla el Γ^d que minimiza el presente estadístico. En nuestras estimaciones, se elige este criterio para determinar Γ^u y Γ^d ya que se penalizan con mayor fuerza los errores.

Global Squared Bias

$$GSB = 2 (\bar{P} - \bar{R})^2$$

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_t$$

$$\bar{R} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t$$

El GSB mide la calibración de la predicción total. Al igual que el QPS, varía entre 0 y 2, correspondiendo el valor de cero a una calibración global perfecta.

También se trabaja para horizontes de predicción que van de 1 a 9 meses en la variable R_t . Los Γ^u y Γ^d empleados son aquellos que minimizaron el estadístico QPS.

¹⁸ Debido a que varios ciclos en la economía peruana han sido de corta duración.



5. Resultados econométricos para la economía peruana

5.1 Consideraciones previas

En forma previa a la presentación de los resultados de los modelos de Auerbach – para predecir la trayectoria del PBI mensual – y de *The Conference Board* – para predecir la ocurrencia de *turning points* en el ciclo del PBI – es preciso efectuar algunos comentarios.

En primer lugar, se puede mencionar a Morón E. y Casas C., I (2002), quienes refiriéndose a las características del ciclo económico de la economía peruana destacan:

- Corta duración promedio del ciclo (3 años).
- Duración promedio de las expansiones: 14 meses.
- Duración promedio de las recesiones: 20 meses.
- Alta volatilidad del ciclo, ya que la desviación estándar del ciclo del PBI es alrededor del 6 por ciento, mientras que la del resto de América Latina es aproximadamente 5 por ciento y la de los Estados Unidos de América es menor a 2 por ciento.
- La volatilidad del ciclo peruano está afectado por la evolución de la inversión pública, inversión privada e importaciones.

Obsérvese, por ejemplo, que Diebold y Rudebusch (1989) señalan “la asimetría del ciclo de negocios de los Estados Unidos de América: expansiones largas y graduales y contracciones cortas y abruptas”.

En suma, el ciclo peruano confirma que las fases de expansión y recesión no son simétricas, aunque a diferencia de lo que sucedería en las economías desarrolladas las expansiones son, en promedio, de menor duración que las recesiones.

En segundo lugar, habría que describir brevemente las fuentes y características de las series macroeconómicas recopiladas para efectuar la estimación econométrica.

Se recopilaron un total de 519 series macroeconómicas de las más diversas fuentes: Banco Central de Reserva, Superintendencia de Banca y Seguros, Superintendencia Nacional de Administración Tributaria, Superintendencia Nacional de Aduanas, Grupo Apoyo, Instituto Nacional de Estadística e Informática, entre otras. El número mencionado incluye una misma serie expresada en valores nominales y en valores reales.

La frecuencia de las series es mensual, y los datos empiezan en enero de 1992. Se cuenta con información hasta mayo del 2002. Nótese que para el modelo de Auerbach se requiere que todas las series tengan el mismo número de observaciones; en cambio, para el modelo de *The Conference Board* no se exige este requisito.

Durante el proceso de búsqueda de series se enfrentaron diversos inconvenientes. Entre ellos, se pueden citar los siguientes:

- Sólo se dispone de una serie cualitativa: el Índice de Confianza de Apoyo. En el mercado no hay disponible otras series cualitativas suficientemente largas y con una metodología más o menos uniforme. Hay que observar la limitación que esto impone a la elaboración del indicador líder, ya que por ejemplo los indicadores líderes de otros países están compuestos en una proporción importante por variables cualitativas que reflejan las expectativas de los consumidores y negocios.
- Deficiencias de información del mercado laboral, expresadas en: falta de series que midan la evolución de las principales variables del mercado, problemas de cobertura y de oportunidad.



5.2 Características del ciclo peruano: probabilidades de *switching* o de distribuciones mixtas¹⁹

En primer lugar, se describe la teoría existente y luego su aplicación al PBI peruano. El proceso de distribuciones mixtas empieza definiendo como s_t al **régimen** en el que se encuentra un proceso en la fecha t . Existen N regímenes posibles ($s_t = 1, 2, \dots, o N$). Cuando el proceso se encuentra en el régimen 1 se presume que la variable observada y_t proviene de la distribución $N(\mu_1, \sigma_1^2)$. Si el proceso se encuentra en el régimen 2, entonces y_t proviene de la distribución $N(\mu_2, \sigma_2^2)$, así sucesivamente. La **densidad de y_t condicional** en la variable aleatoria s_t la cual toma el valor de j es:

$$f(y_t | s_t = j; \mathbf{q}) = \frac{1}{\sqrt{2\mathbf{p} \mathbf{s}_j}} \exp\left\{-\frac{(y_t - \mathbf{m}_j)^2}{2 \mathbf{s}_j^2}\right\} \quad (1)$$

para $j = 1, 2, \dots, N$, donde θ es el vector de parámetros poblacionales que incluye a μ_1, \dots, μ_N y $\sigma_1^2, \dots, \sigma_N^2$.

Se presume que el régimen no observado $\{s_t\}$ ha sido generado por alguna distribución de probabilidad, en la que la **probabilidad incondicional de que s_t sea igual a j** se denota por π_j :

$$P\{s_t = j; \mathbf{q}\} = \mathbf{p}_j \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Las probabilidades π_1, \dots, π_N también están incluidas en θ :

$$\mathbf{q} \equiv (\mathbf{m}_1, \dots, \mathbf{m}_N, \mathbf{s}_1^2, \dots, \mathbf{s}_N^2, \mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_N)'$$

La **función de distribución de densidad conjunta para y_t y s_t** se define como:

$$p(y_t, s_t = j; \mathbf{q}) = f(y_t | s_t = j; \mathbf{q}) P\{s_t = j; \mathbf{q}\} \quad (3)$$

A partir de (1) y (2) la función anterior está dada por:

$$p(y_t, s_t = j; \mathbf{q}) = \frac{\mathbf{p}_j}{\sqrt{2\mathbf{p} \mathbf{s}_j}} \exp\left\{-\frac{(y_t - \mathbf{m}_j)^2}{2 \mathbf{s}_j^2}\right\} \quad (4)$$

La densidad incondicional de y_t se halla sumando (4) sobre todos los valores posibles de j :

¹⁹ Hamilton (1994).

$$\begin{aligned}
 f(y_t; \mathbf{q}) &= \sum_{j=1}^N p(y_t, s_t = j; \mathbf{q}) \\
 &= \frac{\mathbf{p}_1}{\sqrt{2\mathbf{p} \mathbf{s}_1}} \exp\left\{\frac{-(y_t - \mathbf{m}_1)^2}{2 \mathbf{s}_1^2}\right\} \\
 &\quad + \frac{\mathbf{p}_2}{\sqrt{2\mathbf{p} \mathbf{s}_2}} \exp\left\{\frac{-(y_t - \mathbf{m}_2)^2}{2 \mathbf{s}_2^2}\right\} + \dots \\
 &\quad + \frac{\mathbf{p}_N}{\sqrt{2\mathbf{p} \mathbf{s}_N}} \exp\left\{\frac{-(y_t - \mathbf{m}_N)^2}{2 \mathbf{s}_N^2}\right\}
 \end{aligned} \tag{5}$$

La probabilidad de que el proceso se encuentre en el régimen j – dadas las estimaciones de θ y el valor de la observación y_t – está representada por:

$$P\{s_t = j | y_t; \mathbf{q}\} = \frac{p(y_t, s_t = j; \mathbf{q})}{f(y_t; \mathbf{q})} = \frac{\mathbf{p}_j f(y_t | s_t = j; \mathbf{q})}{f(y_t; \mathbf{q})} \tag{6}$$

En otras palabras, esta probabilidad denota la probabilidad condicional que las t observaciones fueran generadas por el régimen j .

La estimación de máxima verosimilitud de θ representa la solución al siguiente sistema de ecuaciones no lineales, sistema que se resuelve vía el algoritmo EM:

$$\hat{\mathbf{m}}_j = \frac{\sum_{t=1}^T y_t P\{s_t = j | y_t; \hat{\mathbf{q}}\}}{\sum_{t=1}^T P\{s_t = j | y_t; \hat{\mathbf{q}}\}} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, N \tag{7}$$

$$\hat{\mathbf{s}}_j^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{\mathbf{m}}_j)^2 P\{s_t = j | y_t; \hat{\mathbf{q}}\}}{\sum_{t=1}^T P\{s_t = j | y_t; \hat{\mathbf{q}}\}} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, N \tag{8}$$

$$\hat{\mathbf{p}}_j = T^{-1} \sum_{t=1}^T P\{s_t = j | y_t; \hat{\mathbf{q}}\} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, N \tag{9}$$

El algoritmo EM empieza con un valor arbitrario. Comenzando con un valor arbitrario inicial de θ , denotado $\theta^{(0)}$, se puede calcular $P\{s_t = j | y_t; \theta^{(0)}\}$ de (6). Luego se pueden calcular las magnitudes a la derecha de (7) a (9) con $\theta^{(0)}$ en lugar de $\hat{\mathbf{q}}$. El lado izquierdo de (7) a (9) producirá un nuevo estimado $\theta^{(1)}$. Este estimado $\theta^{(1)}$ puede ser usado para volver a evaluar $P\{s_t = j | y_t; \theta^{(1)}\}$ y recalculando las expresiones del lado derecho de (7) a (9). El lado izquierdo de (7) a (9) luego puede producir un nuevo estimado $\theta^{(2)}$. Se continúa iterando hasta que el cambio entre $\theta^{(m+1)}$ y $\theta^{(m)}$ sea más pequeño que algún criterio de convergencia especificado.



Aplicación al Producto Bruto Interno

La siguiente parte está basada en el trabajo de Johnson (2000). Se realizan cálculos sobre la variación anualizada de la serie de PBI original.

Se trabaja con tres estados de la naturaleza posibles. El primero de ellos es uno de *boom*, en que el crecimiento se produce con riesgo inflacionario. En este caso la economía se encuentra sobrecalentada, siendo insostenible en el tiempo y esto incidiría en un ajuste de la política monetaria con el fin de contener el gasto excesivo. El segundo estado es de crecimiento estable, el cual es sostenible y también se le conoce como crecimiento potencial. En esta situación no existen riesgos inflacionarios evidentes y el gasto agregado evoluciona de tal forma que no se requiere un ajuste en la política monetaria para expandir o contraer la demanda agregada. El último estado es el recesivo, el cual es no deseado al igual que el de *boom*. En este estancamiento el rol de la política monetaria es activo con el objetivo de reactivar la demanda agregada.

En la siguiente gráfica se puede apreciar la evolución de la actividad económica medida por el PBI desde enero de 1993 hasta mayo del 2002. La serie está expresada en variación porcentual real respecto al mismo mes del año anterior.

Gráfico 1



Se realizan las estimaciones y se logra la convergencia luego de 88 iteraciones. Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el crecimiento promedio en un estado de *boom* es de 12,75 por ciento, en tanto que el crecimiento estable promedio es de 4,89 por ciento y el recesivo $-0,51$ por ciento. La mayor desviación estándar corresponde al estado de *boom*, seguida muy de cerca por la del estado recesivo. También se puede observar que en el período analizado la mayor probabilidad de ocurrencia corresponde al estado de crecimiento estable (46,12 por ciento).

**Cuadro 1**

Tasas de convergencia para distintos estados			
Estadístico	<i>Boom</i>	Crecimiento Estable	Recesión
Crecimiento (%)	12,75	4,89	-0,51
Desv. Estándar (%)	2,51	2,15	2,47
Probabilidad (%)	18,16	46,12	35,72

En las siguientes tres gráficas se puede apreciar cómo convergen la tasa de crecimiento, la desviación estándar y la probabilidad de ocurrencia de los tres estados alternativos.

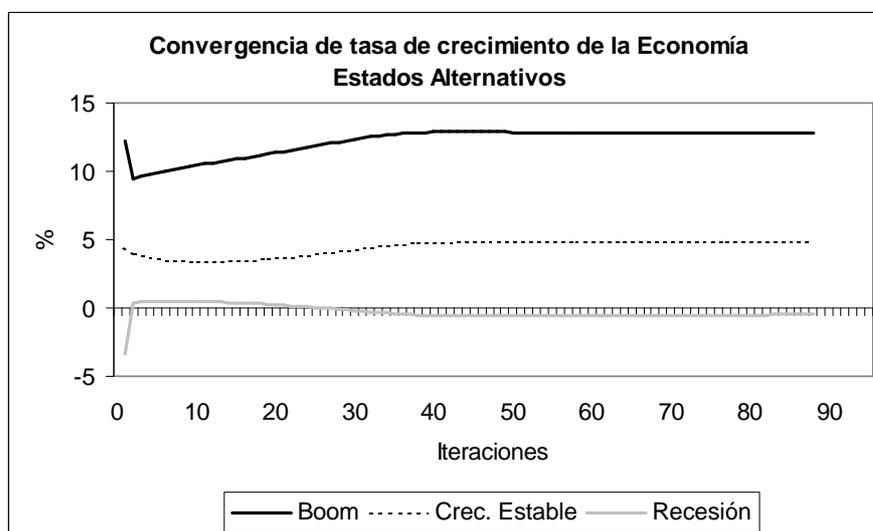
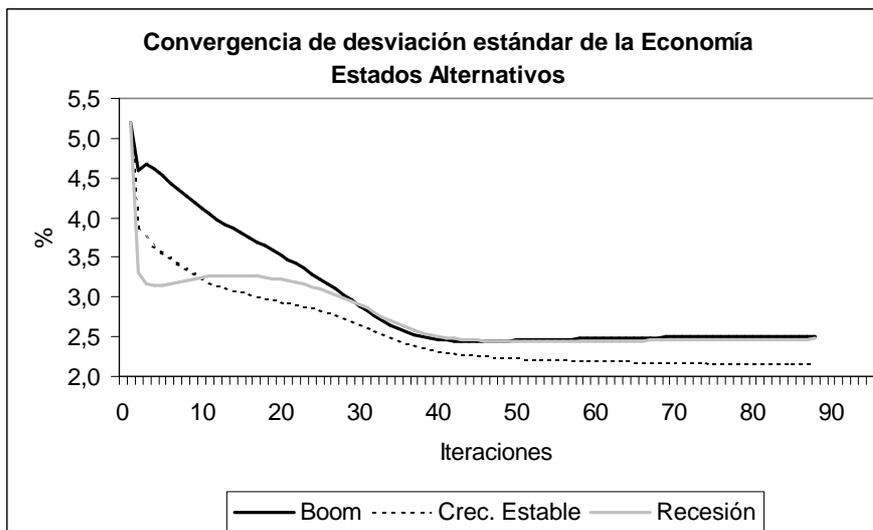
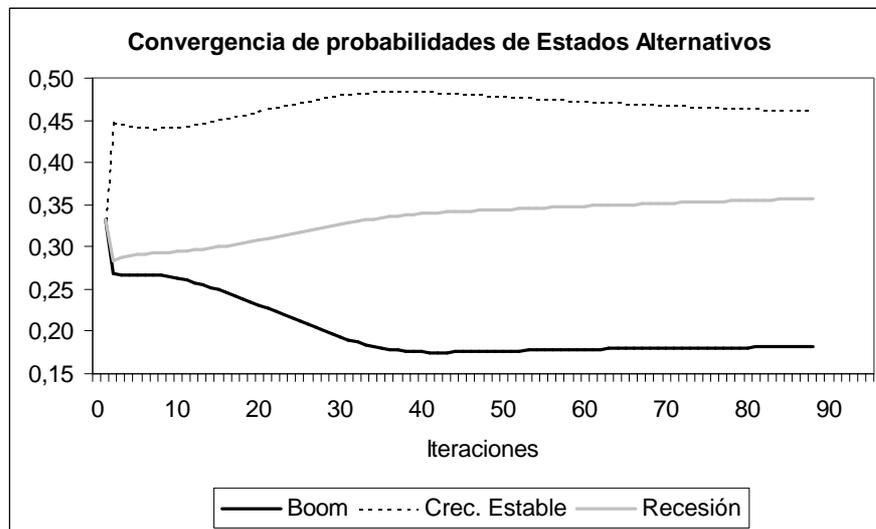
Gráfico 2**Gráfico 3**

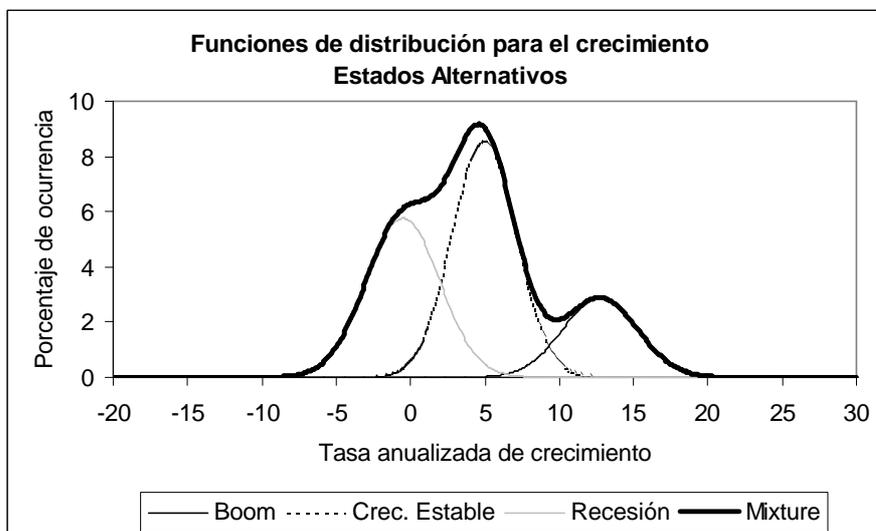


Gráfico 4



Las distribuciones de los tres estados de la naturaleza se pueden agregar en una sola. Esto se muestra en la siguiente gráfica. A partir de la ecuación (4) se puede expresar cada distribución. La mixture es la suma de las tres distribuciones anteriores.

Gráfico 5



Es interesante observar la probabilidad de que la economía se encuentre en cada estado de la naturaleza. Como es lógico, la suma de probabilidades de los tres estados debe ser igual a uno para cada observación de PBI. Lo anterior se muestra en los siguientes tres gráficos.

Gráfico 6

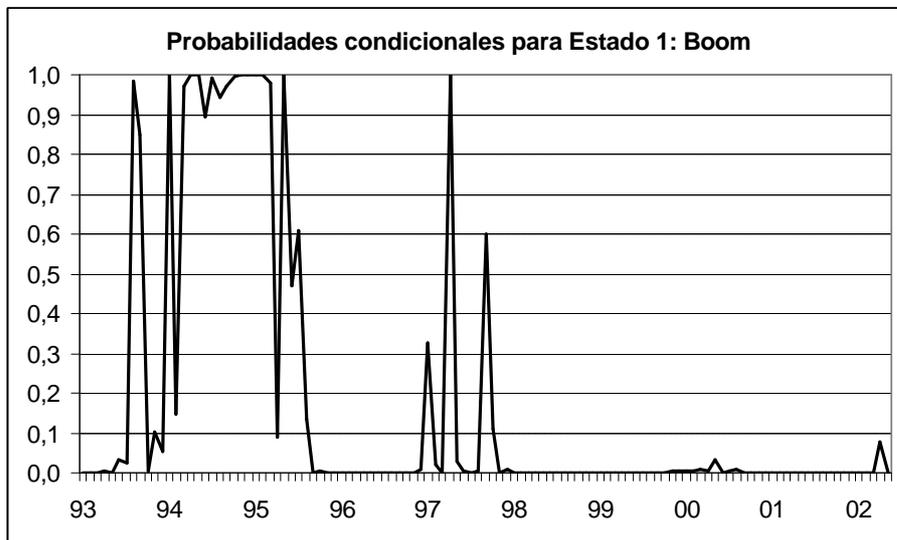


Gráfico 7

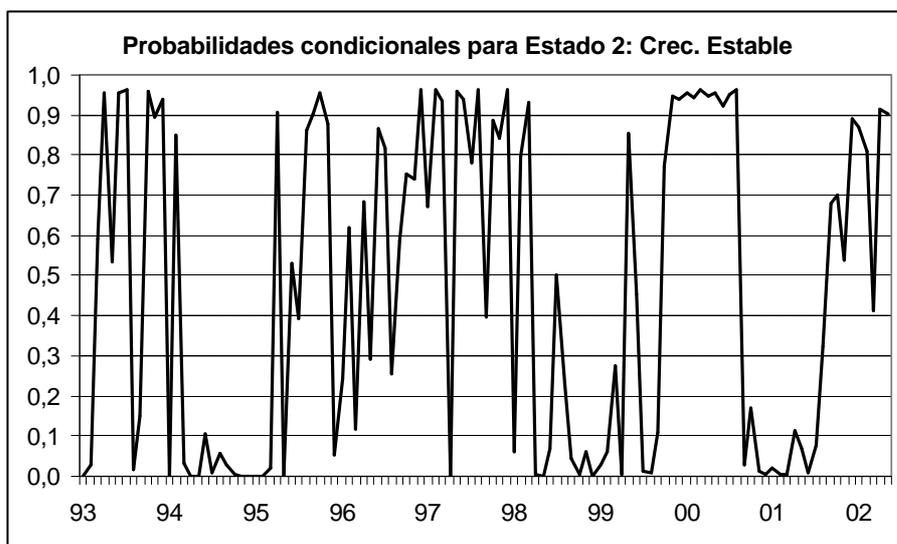




Gráfico 8



Se puede construir un índice de modificación de política monetaria (índice de probabilidad) a partir de las tres probabilidades estimadas. Este índice que representa la necesidad de modificar la política monetaria oscila entre 0 y 1. Mientras el indicador es más alto, esto evidencia un riesgo de sobrecalentamiento de la economía por lo que la política monetaria debe ser restrictiva. Si el valor del índice es cercano a 0,5 entonces la actividad económica no presenta riesgos de exceso ni recesivos, por lo que la política monetaria debe ser neutra. Finalmente, si el indicador se encuentra alrededor de 0 entonces la economía se encontraría en un proceso recesivo por lo que la política monetaria debe ser expansiva.

Este índice (F) se construye de la siguiente manera:

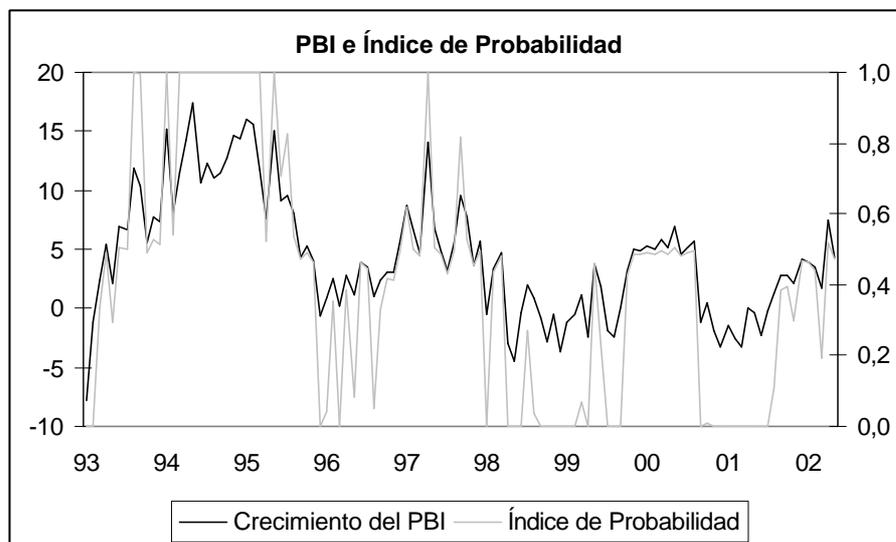
$$F = \frac{e^x}{1 + e^x} \quad (10)$$

donde:

$$x = \frac{P[\text{Boom}] - P[\text{Recesión}]}{P[\text{Crec. Estable}]}$$

Los resultados se muestran en el siguiente gráfico, el cual compara el crecimiento anualizado del PBI y el Índice de Probabilidad, evidenciándose una gran similitud

Gráfico 9



Se puede aproximar el crecimiento del PBI a partir de las probabilidades generadas por el modelo de cambios de régimen. El PBI estimado se puede construir partiendo de la definición del valor esperado en función de las probabilidades condicionales generadas en el modelo:

$$E(y_t) = \sum_{j=1}^3 P\{s_t = j | y_t; \mathbf{q}\} \hat{m}_j \quad (11)$$

donde:

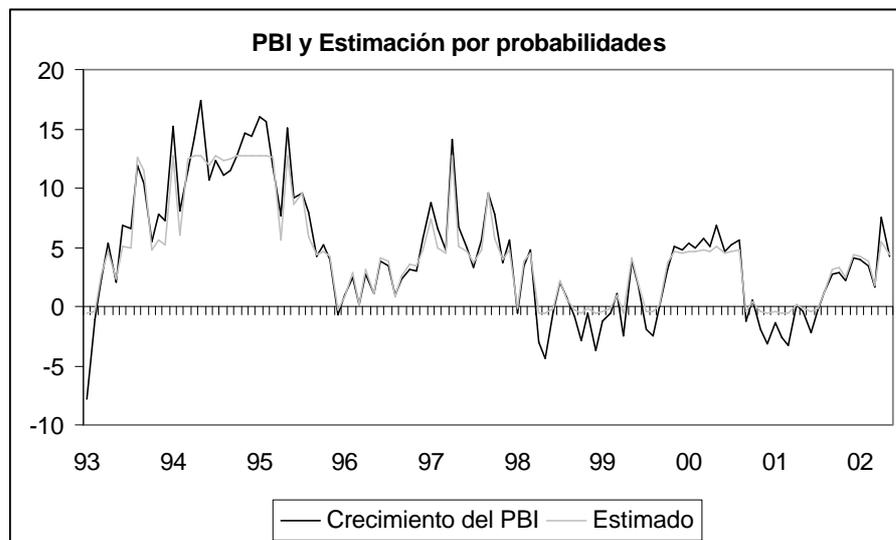
$$\hat{m}_1 = 12,75$$

$$\hat{m}_2 = 4,89$$

$$\hat{m}_3 = -0,51$$

Los resultados se pueden comprobar en la siguiente gráfica. Nuevamente, existe un gran parecido entre el PBI y su estimado.

Gráfico 10



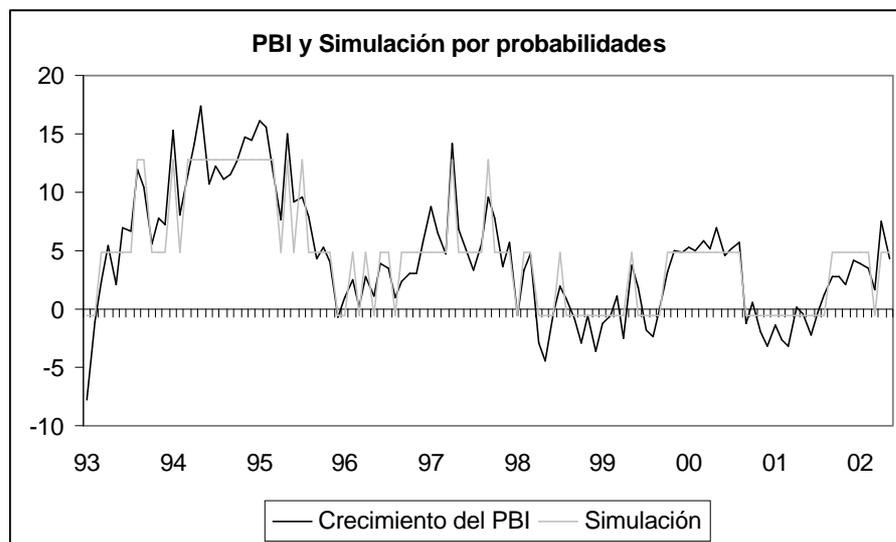


Finalmente se efectúa una simulación en la cual se filtran las probabilidades partiendo de la siguiente función tipo umbral:

$$P\{s_t = j|y_t; \mathbf{q}\} = \begin{cases} 1, & \text{si } P\{s_t = j|y_t; \mathbf{q}\} \geq 0,5 \\ 0, & \text{si } P\{s_t = j|y_t; \mathbf{q}\} < 0,5 \end{cases} \quad (12)$$

En base a (12), se vuelve a estimar (11) obteniéndose una versión más discretizada del crecimiento del PBI. En la siguiente gráfica se comparan el crecimiento del PBI y su simulación.

Gráfico 11



5.3. Modelo de *The Conference Board*

Además de lo explicado en III.3.4., cabe señalar lo siguiente:

- Para determinar el ciclo de crecimiento económico se utilizó la serie de PBI trimestral desestacionalizado. Los *turning points* se identificaron en esta serie bajo el criterio de dos trimestres consecutivos de aumento o descenso. Adicionalmente, se afinaron los puntos de quiebre localizados mediante la observación en esas fechas de la inversión bruta fija privada desestacionalizada y la serie de empleo en establecimientos de 100 o más trabajadores.
- Se empleó el procedimiento X-12 ARIMA para desestacionalizar las series.
- Se analizó la correlación entre cada serie y el PBI real. Los coeficientes de correlación se calcularon sobre las series desestacionalizadas en niveles y sobre el ciclo de las series. La estimación sobre las series en niveles se justifica ya que el método de *The Conference Board* incorpora en el índice compuesto a las variaciones porcentuales de las series en niveles. Por otro lado, el ciclo de una serie aísla a la misma no sólo del efecto estacional sino de la tendencia. El ciclo se estimó como la diferencia entre el logaritmo de la serie desestacionalizada y su tendencia calculada mediante el filtro Hodrick-Prescott.



- En ambos casos, se buscó que la correlación se mantuviera tanto en magnitud como en signo durante todo el período (enero de 1992 en adelante). Para ello, se evaluó el coeficiente de correlación en muestras de 24 meses a lo largo de todo el período estudiado, de tal manera que cuando se le añade una observación al final de la muestra, se le quita una al inicio de la misma. Este método se aplica recursivamente. Si el coeficiente de correlación en valor absoluto cae por debajo de 0,2 se generan dudas acerca de la consistencia del indicador como líder. Lo anterior recibe una mayor penalización si se presenta al final del período estudiado.
- Se seleccionaron 13 variables que mejor desempeño mostraron en términos de correlación con el PBI y permanencia de la magnitud y signo de la correlación.
- Se corrió un programa que seleccionara entre 5 y 11 variables de las 13 disponibles, para conformar el índice compuesto. El programa agrega las series seleccionadas, ponderando cada una por la inversa de su desviación estándar.
- Se realizó un ranking de los índices compuestos en base a los resultados de *U-Theil* estático y dinámico, QPS, LPS y GSB.
- Finalmente, se seleccionó entre los índices disponibles a aquél con mayor significado económico.
- Se calculó el Índice de Difusión para una amplitud de 1 y 6 meses.

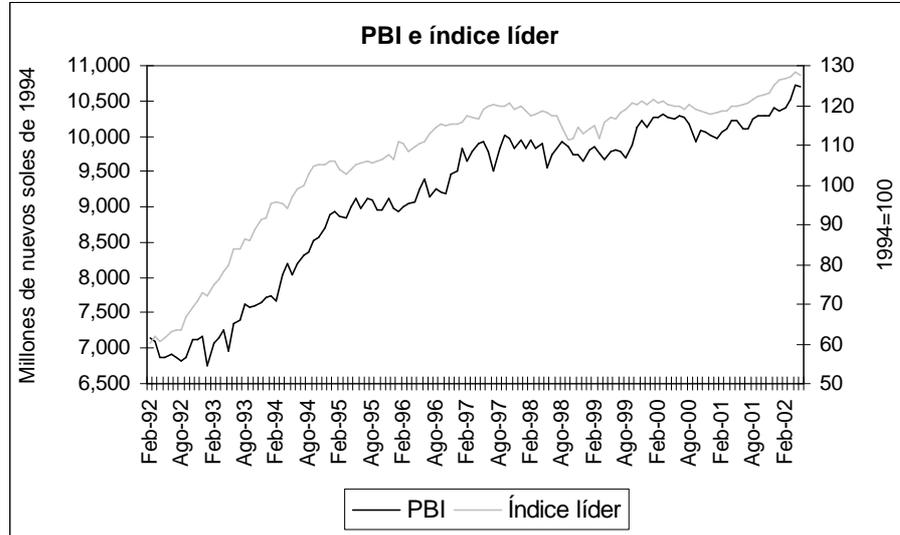
El método de *The Conference Board* condujo a un índice líder integrado compuesto por 8 series; 6 de ellas procíclicas; 6 monetarias y/o financieras, 1 de producción y 1 fiscal. Las series son las siguientes:

- Gastos no Financieros del Gobierno Central (procíclica)
- M1 (procíclica).
- Tasa pasiva de corto plazo en MN (contracíclica).
- Tasa del saldo de Certificados de Depósitos BCRP (contracíclica).
- Valor bruto de producción (VBP) de productos químicos, caucho y plásticos (procíclica).
- Índice General de la Bolsa de Valores de Lima (procíclica).
- Reservas internacionales netas del sistema bancario (procíclica).
- Cotización de los bonos Brady (procíclica)²⁰.

²⁰ A partir de marzo de 1997, se cuenta con la cotización de los Bonos Brady (PDI más FLIRB). Debido a su similitud, para el período anterior se empleó la cotización de la deuda Peru Citi.

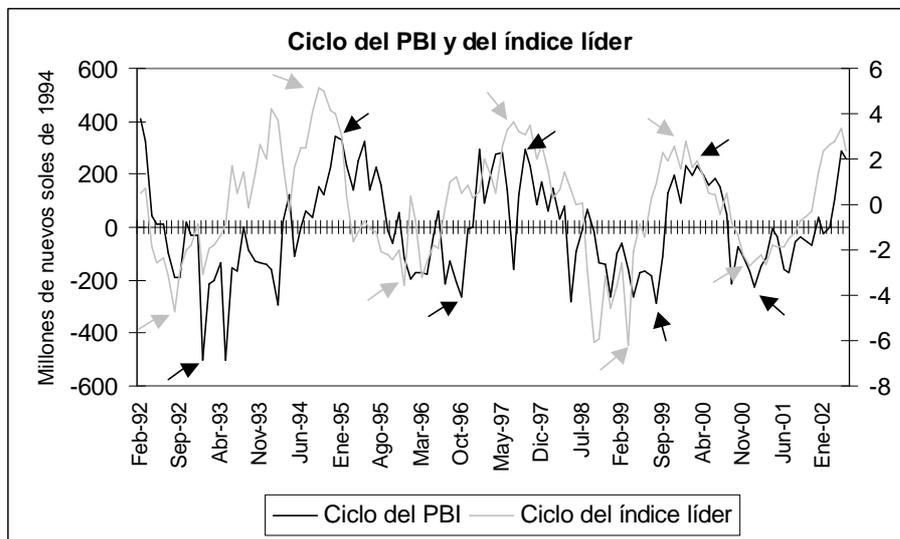


Gráfico 12



A continuación se presentan los ciclos del PBI y del índice líder obtenidos como la diferencia entre las series y su tendencia estimada mediante el filtro Hodrick-Prescott. Las flechas indican los puntos máximos y mínimos de cada uno de los ciclos.

Gráfico 13



A continuación se presenta el adelanto del ciclo del índice líder con respecto a los puntos máximos y mínimos del ciclo del PBI.

**Cuadro 2**

Nivel de adelanto del índice líder			
Punto	Índice Líder	PBI	Adelanto (en meses)
Mínimo	Ago-92	Ene-93	5
Máximo	Set-94	Dic-94	3
Mínimo	Dic-95	Oct-96	10
Máximo	Jul-97	Set-97	2
Mínimo	Mar-99	Ago-99	5
Máximo	Ene-00	Mar-00	2
Mínimo	Dic-00	Ene-01	1

Como se explicó previamente, se obtienen las fases de expansión y recesión del PBI en base al criterio de dos trimestres consecutivos de aumento o contracción, respectivamente.

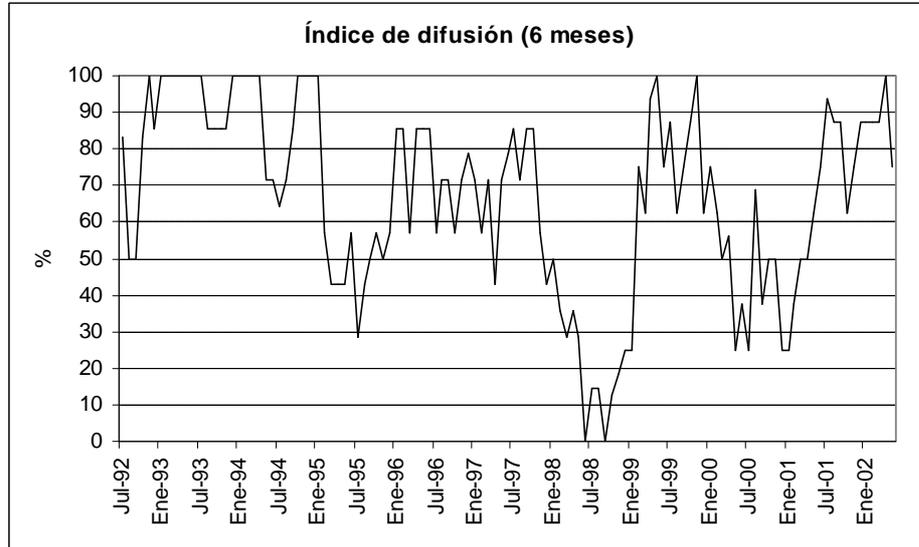
Cuadro 3

Fases de expansión y recesión (trimestral)		
Fase	Período	
	Inicio	Fin
Expansión		IT-92
Recesión	IIT-92	IT-93
Expansión	IIT-93	IIIT-95
Recesión	IVT-95	IIIT-96
Expansión	IVT-96	IVT-97
Recesión	IT-98	IIT-99
Expansión	IIIT-99	IT-00
Recesión	IIT-00	IT-01
Expansión	IIT-01	

El primer criterio para determinar los *turning points* emplea el índice de difusión a 6 meses junto con la variación porcentual del indicador líder con respecto a hace seis meses. La regla para detectar un pico consiste en que el índice líder caiga en más de 1 por ciento anualizado con respecto a seis meses antes y que el índice de difusión (6 meses) sea menor o igual a 50 por ciento. Para la detección de una sima, se requiere que el índice líder aumente en más de 1 por ciento anualizado con respecto a hace seis meses y que el índice de difusión (6 meses) sea mayor o igual a 50 por ciento.



Gráfico 14



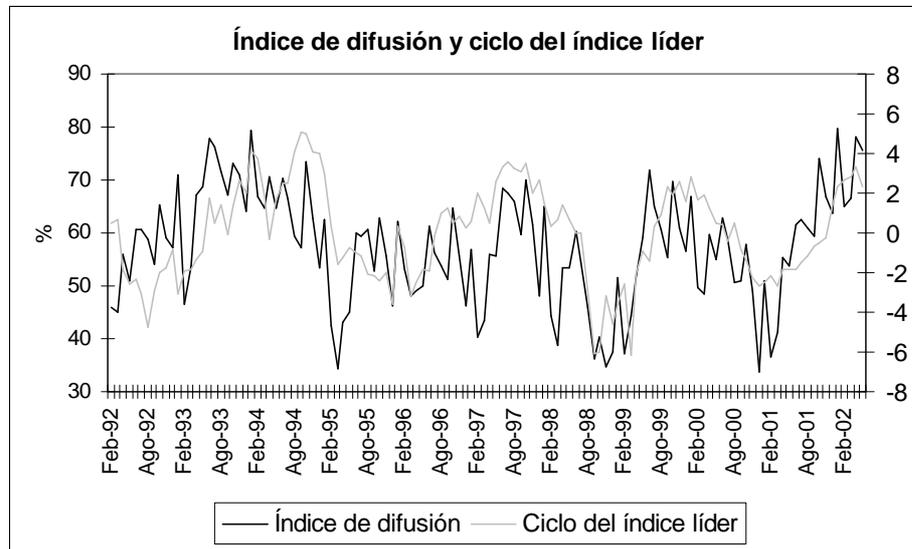
En promedio el indicador líder muestra un notable adelanto. También se debe considerar que debido a la regla de dos trimestres consecutivos de aumento o caída del PBI para determinar una expansión o recesión, respectivamente, una señal retrasada de turning point de un par de meses no es significativa.

Cuadro 4

Turning points y señales del índice líder Criterio de 6 meses			
Turning point	PBI	Señal del índice líder	Adelanto (en meses)
Sima	Ene-93	Ago-92	5
Pico	Jul-95	Mar-95	4
Sima	Jul-96	Set-95	10
Pico	Feb-98	Ene-98	1
Sima	Abr-99	Feb-99	2
Pico	Mar-00	May-00	-2
Sima	Ene-01	Abr-01	-3

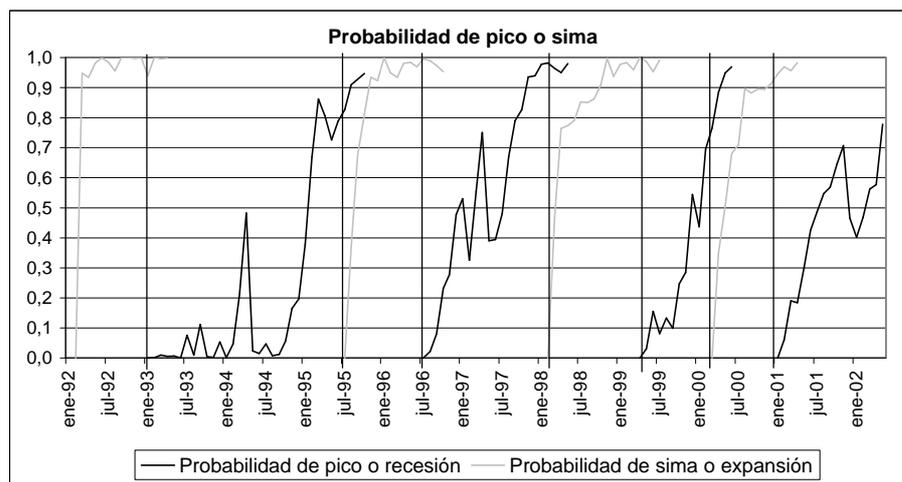
La gráfica que sigue muestra la estrecha relación entre el índice de difusión a 1 mes y el ciclo del índice líder, lo cual estaría indicando que las series que componen el índice líder muestran una alta significancia y representatividad, sin que ninguna de las series destaque más que las otras.

Gráfico 15



Finalmente se obtienen las probabilidades de ocurrencia de *turning points* a partir de Neftci y Diebold y Rudebusch. El valor crítico de la probabilidad es de 0,90 por lo que no hay evidencia de recesión en la última parte de la muestra.

Gráfico 16



**Cuadro 5**

Turning points y señales del índice líder Criterio de probabilidad de turning point 1/			
Turning point	PBI	Señal del índice líder	Adelanto (en meses)
Sima	Ene-93	Mar-92	10
Pico	Jul-95	Ago-95	-1
Sima	Jul-96	Nov-95	8
Pico	Feb-98	Nov-97	3
Sima	Abr-99	Oct-98	6
Pico	Mar-00	May-00	-2
Sima	Ene-01	Dic-00	1

1/ Valor crítico de la probabilidad: 0,90.

5.4. Modelo de Auerbach

Se siguió la metodología explicada en III.3.5. Cabría agregar, además, lo siguiente:

- Por el proceso de “ranqueo” quedaron 15 series - con su rezago óptimo - más la variación de días feriados últimos doce meses.
- Se calcularon todas las regresiones posibles que tuvieran de 5 a 10 regresores además de los días feriados - extraídos de las 15 series mencionadas. Se impuso a estas regresiones dos condiciones: un R-cuadrado de 0,90 y signos esperados correctos (positivos si las variables son procíclicas y negativos si son contracíclicas).
- Se ajustó las regresiones por heterocedasticidad mediante la matriz de covarianza de Newey-West.
- Además en la selección se emplearon los siguientes criterios: el Durbin-Watson, la U de Theil y la bondad de predicción *in-sample* en el último año.
- La regresión final tiene un ajuste de 0,91, estabilidad de parámetros, y el menor rezago entre los regresores es de 2, por lo que la ecuación ofrece predicciones de dos meses adelante.

El método de Auerbach condujo a un índice líder integrado por 10 series; 7 procíclicas y 3 contracíclicas; 6 monetarias y/o financieras, 1 fiscal, 1 de producción, 1 de precios y 1 variable cualitativa. Las series integrantes son las siguientes:

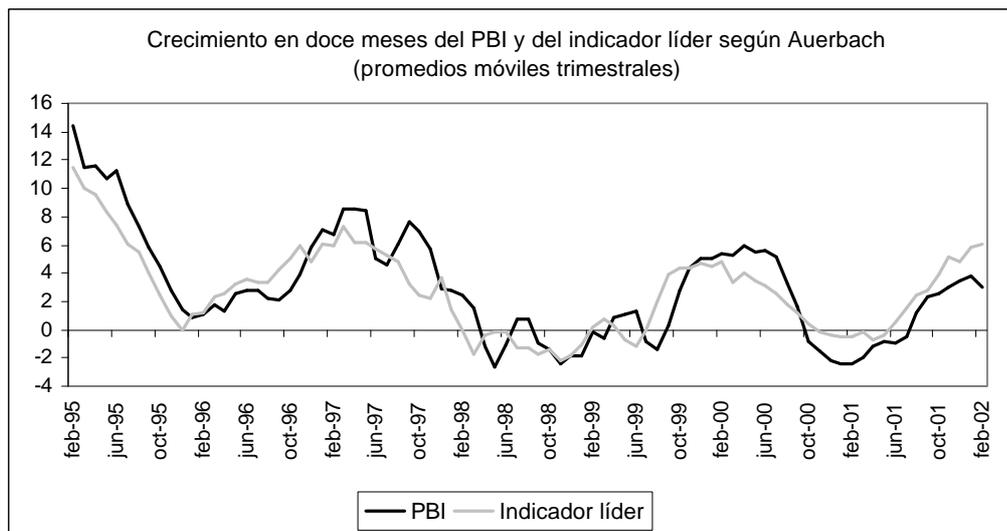
- Tasa efectiva de fondos federales de los Estados Unidos de América (contracíclica)
- Cotización de los bonos Brady (procíclica).
- Tasa activa en moneda nacional (contracíclica).
- Reservas internacionales netas del sistema bancario (procíclica).
- Impuesto General a las Ventas interno (procíclica).
- Apalancamiento de la Banca Comercial (procíclica).
- *Spread* de plazos de la tasa pasiva en moneda nacional (contracíclica).



- Cotización del Oro (procíclica).
- Índice de Confianza de Apoyo²¹ (procíclica).
- PBI primario (procíclica).

En el gráfico siguiente se muestra la trayectoria del indicador líder-doce meses frente a la evolución del PBI-doce meses, habiéndose en ambos casos aplicado promedios móviles trimestrales. Se puede observar que las tasas del indicador líder anticipan a las del PBI.

Gráfico 17



6. Conclusiones y recomendaciones

- Se efectuó la estimación de dos indicadores líderes: uno para la trayectoria del ciclo del PBI y otro para identificar los *turning points* de dicho ciclo. En el primer caso se empleó el método de Auerbach en la forma presentada en Bravo y Franken (2001); en el segundo, se acudió al método desarrollado por *The Conference Board* de los Estados Unidos de América.
- Bajo el método de Auerbach se obtuvo un indicador líder con buenas propiedades de predicción. El índice obtenido está integrado por 6 variables monetarias y/o financieras, 1 del sector fiscal, 1 de producción, 1 de precios y una variable de expectativas. El índice permite predecir el PBI con dos meses de adelanto.
- De otro lado, con el método de *The Conference Board* se alcanzó un índice líder compuesto por 6 variables monetarias y/o financieras, 1 de producción y 1 fiscal.
- Con la combinación de los índices líder y de difusión en un horizonte de 6 meses se identificó una regla para la determinación temprana de las fases del ciclo. Las recesiones se identificarían con una caída anualizada mayor a 1 por ciento en el índice líder 6-meses y un índice de difusión menor o igual a 50 por ciento en el mismo lapso. Para expansiones se requiere el crecimiento anualizado mayor a 1 por ciento en el índice líder 6-meses así como un valor en el índice de difusión de 50 por ciento o más.

²¹ Recoge las opiniones de la población sobre la política económica, el Presidente de la República y la situación económica familiar pasada y futura.



- Con el modelo de *The Conference Board* los inicios de las expansiones son detectados con más anticipación que los inicios de las recesiones.
- La teoría de *switching* o de distribuciones mixtas aplicada al PBI revela que nuestra economía ha atravesado por tres períodos entre 1993 y el 2002: recesión con una tasa de decrecimiento promedio de 0,51 por ciento, crecimiento estable con una tasa promedio de 4,89 por ciento y *boom* con una tasa promedio de 12,75 por ciento. Se observa, además, que la recesión ha ocurrido en el 35,72 por ciento de la muestra, el crecimiento estable en el 46,12 por ciento y el *boom* en 18,16 por ciento.
- La escasez de encuestas y de información del mercado laboral dificultó la elaboración de los indicadores líderes.
- Se recomienda evaluar la realización de encuestas a empresas y al público para generar información que pueda ser incorporada en los modelos de indicadores líderes.



7. Bibliografía

- Arnaud, Benoit**, The OECD System of Leading Indicators: Recent Efforts to meet User's Needs, octubre del 2000.
- Arnaud, Benoit y Hong Eun-Pyo**, Comparison of compilation methodologies for the Composite Leading Indicators of Euro Area, agosto del 2001.
- Auerbach, A.J.**, The Index of Leading Indicators: Measurement without Theory thirty-five years later, *Review of Economics and Statistics* 64, 1982, pp. 589-595.
- Banerji, A. e Hiris, L.**, A Multidimensional Framework for Measuring Business Cycle, Long Island University and ECRI, 2001.
- Banerji A.**, The Lead Profile and Other Non-Parametric Tools to evaluate Survey Series as Leading Indicators, ECRI, 1999.
- Bravo, Felipe y Franken, Helmut**, Un Indicador Líder del IMACEC, Banco Central de Chile, Documento de Trabajo N° 99, junio del 2001.
- Brischetto, A. y Voss, G.**, Forecasting Australian Economic Activity using Leading Indicators.
- Brouwer, Gordon**, Estimating Output Gaps, Reserve Bank of Australia, 1998.
- Brunet, Olivier**, Calculation of Composite Leading Indicators: a Comparison of two different Methods, octubre del 2000.
- Burns A. F., y Mitchell, W. C.**, Measuring Business Cycles, NBER Studies in Business Cycles N° 2, Columbia University Press, New York, 1946.
- Centro de Investigación en Finanzas y Mercado de Capitales de la Universidad Torcuato di Tella, Indicador Líder del Nivel de Actividad de la Economía Argentina, octubre de 1999.
- Clements, M. y Hendry, D.**, Forecasting Economic Time Series, Cambridge University Press, 1998.
- Cullity J. y Banerji A.**, Procedures for Constructing Composite Indexes: a Re-assessment, 1996.
- Cullity J. y Moore, G.H.**, Long-leading and short-leading indexes, en Moore G.H. (ed.), *Leading Indicators for the 1990s*, 1990.
- Diebold F. X., y Rudebusch G. D.**, Scoring the Leading Indicators, *Journal of Business* 62, 1989.
- Diebold F. X., y Rudebusch G. D.**, Forecasting Output with the Composite Leading Index: A Real-Time Analysis, *Journal of the American Statistical Association* 86, 1991.
- Everhart, S. y Duval-Hernández R.**, Short-Term Macro Monitoring Leading Indicator Construction – México, Working Paper 01-8, Georgia State University, junio de 2001.
- Granger, C.W.J. y Newbold P.**, Forecasting Economic Time series, 1986.
- Hamilton, James**, a New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle, *Econometrica* 57, 1989.
- Hamilton, John**, Time Series Analysis, Princeton University Press, 1994.
- Harvey, Andrew**, Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter, Cambridge University Press, 1989.
- Iacovello, Mateo**, Short-Term Forecasting: Italian GDP, One Quarter to Two Years Ahead, IMF Working Paper 2001.
- Johnson, Christian**, Un Modelo de Switching para el Crecimiento en Chile, Documentos de Trabajo N° 84, Banco Central de Chile, 2000.



- Kim, Chang-Jin y Nelson, Charles**, State Space Models with Regime Switching, 1999.
- Lahiri, K. y Moore, G.**, Leading Economic Indicators: New Approaches and Forecasting Records, Cambridge University Press, 1991.
- Maravall, A. y Del Río, A.**, Time Aggregation and the Hodrick-Prescott Filter, Banco de España, 2001.
- Melo, Luis y Riascos, Alvaro**, El producto potencial utilizando el filtro de Hodrick – Prescott con parámetro de suavización variable y ajustado por inflación: Una aplicación para Colombia, Banco de la República, 1997.
- Morón, E. y Casas, C. I.**, Indicadores Líderes para la Economía Peruana, mimeo, mayo de 2002.
- Morón, E. y Casas, C. II.**, Metodología para la Construcción de Índices Líderes y Coincidentes, mimeo, mayo de 2002.
- Neftci S.N.**, Lead-lag Relations, Exogeneity, and Prediction of Economic Time-Series, *Econometrica*, 47, 1979, pp. 101-113.
- Neftci S.N.**, Optimal Prediction in Cyclical Downturns, *Journal of Economic Dynamics and Control* 4, 1982.
- Nilsson, Ronny**, Confidence Indicators and Composite Indicators, octubre del 2000.
- Nilsson, Ronny**, Use of Economic Indicators for Measuring Economic Trends, Workshop on Key Economic Indicators, OECD, mayo de 2000.
- Ochoa, E. y Lladó, J.**, Proyección de la Actividad Económica para la Economía Peruana: el Uso de Indicadores Líderes, XVIII Encuentro de Economistas del Banco Central de Reserva del Perú, enero de 2002.
- OECD**, OECD Composite Leading Indicators: a Tool for short-term analysis, junio del 2001.
- Orphanides, A. y Van Norden, S.**, The reliability of output gap estimates in real time, Federal Reserve System, 1999.
- Petit G., Salou G., Beziz P. y Degain C.**, An Update of OECD Leading Indicators, OECD, octubre de 1996.
- Stock, J., y Watson M.**, New Indexes of Coincident and Leading Economic Indicators, NBER Macroeconomics Annual vol. 4, MIT Press, 1989.
- The Conference Board**, How to make the Composite Index of Leading Economic Indicators more timely, setiembre del 2000.
- The Conference Board**, U.S. Leading Economic Indicators.
- The Conference Board**, Updating the Composite Index.
- The Conference Board**, How to compute Diffusion Indexes.
- The Conference Board**, Components of the Composite Indexes.
- The Conference Board**, The Conference Board's Business Cycle Indicators Project.
- Valle, Angélica**, Un Indicador Adelantado del Ciclo Económico para el Ecuador, Nota Técnica N° 59, agosto de 1999.