

Banco Central de Chile  
Documentos de Trabajo

Central Bank of Chile  
Working Papers

N° 274

Noviembre 2004

## **USO DE ANÁLISIS FACTORIAL DINÁMICO PARA PROYECCIONES MACROECONÓMICAS**

Alvaro Aguirre

Luis Felipe Céspedes

---

La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica: <http://www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc>. Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de \$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es para fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: (56-2) 6702231 o a través de correo electrónico: [bcch@bcentral.cl](mailto:bcch@bcentral.cl).

Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from: <http://www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper>. Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for orders inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: (56-2) 6702231 or e-mail: [bcch@bcentral.cl](mailto:bcch@bcentral.cl).



**BANCO CENTRAL DE CHILE**

**CENTRAL BANK OF CHILE**

La serie Documentos de Trabajo es una publicación del Banco Central de Chile que divulga los trabajos de investigación económica realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros. El objetivo de la serie es aportar al debate temas relevantes y presentar nuevos enfoques en el análisis de los mismos. La difusión de los Documentos de Trabajo sólo intenta facilitar el intercambio de ideas y dar a conocer investigaciones, con carácter preliminar, para su discusión y comentarios.

La publicación de los Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros del Consejo del Banco Central de Chile. Tanto el contenido de los Documentos de Trabajo como también los análisis y conclusiones que de ellos se deriven, son de exclusiva responsabilidad de su o sus autores y no reflejan necesariamente la opinión del Banco Central de Chile o de sus Consejeros.

The Working Papers series of the Central Bank of Chile disseminates economic research conducted by Central Bank staff or third parties under the sponsorship of the Bank. The purpose of the series is to contribute to the discussion of relevant issues and develop new analytical or empirical approaches in their analyses. The only aim of the Working Papers is to disseminate preliminary research for its discussion and comments.

Publication of Working Papers is not subject to previous approval by the members of the Board of the Central Bank. The views and conclusions presented in the papers are exclusively those of the author(s) and do not necessarily reflect the position of the Central Bank of Chile or of the Board members.

Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile  
Working Papers of the Central Bank of Chile  
Huérfanos 1175, primer piso.  
Teléfono: (56-2) 6702475; Fax: (56-2) 6702231

## **USO DE ANÁLISIS FACTORIAL DINÁMICO PARA PROYECCIONES MACROECONÓMICAS**

**Alvaro Aguirre**

Economista  
Gerencia de Investigación Económica  
Banco Central de Chile

**Luis Felipe Céspedes**

Economista Senior  
Gerencia de Investigación Económica  
Banco Central de Chile

### **Resumen**

En este trabajo implementamos el método desarrollado por Stock y Watson (1998) de análisis factorial dinámico en el proceso de proyección de la inflación (IPC) y de actividad económica (IMACEC) para la economía chilena. Nuestros resultados indican que el uso de factores, los cuales se interpretan como las variables subyacentes del ciclo económico, mejora de manera significativa las proyecciones fuera de muestra. Nuestros resultados también indican que el uso de estos factores en modelos estructurales de inflación, tal como la curva de Phillips, genera importantes mejorías en el ajuste de la proyección.

### **Abstract**

In this paper we use the dynamic factor analysis methodology developed by Stock and Watson (1998) in order to forecast inflation and an index of economic activity for the Chilean economy. Our results indicate that using factors in the process of forecasting of these macroeconomic variables improve significantly out of sample forecasts. Additionally, we find that factor augmented Phillips curve forecasts perform better than conventional Phillips curve forecasts based only on output gap measures.

---

Agradecemos los valiosos comentarios de Klaus Schmidt-Hebbel y Rodrigo Caputo, y a Mark Watson por proveernos gentilmente de los códigos computacionales.

E-mails: [aaguirre@bcentral.cl](mailto:aaguirre@bcentral.cl); [lcespede@bcentral.cl](mailto:lcespede@bcentral.cl).

## **I. Introducción**

La adopción de esquemas de metas de inflación como eje de la política monetaria por parte de un número creciente de bancos centrales en el mundo, ha acrecentado la necesidad de contar con proyecciones precisas de las principales variables macroeconómicas, en especial de la inflación. El importante aumento de variables disponibles para realizar el proceso de proyección ha facilitado esta tarea.<sup>1</sup> Sin embargo, las principales metodologías de proyección de series macroeconómicas relevantes involucran en la mayoría de los casos sólo un subconjunto del total de variables disponibles. Un ejemplo de lo anterior es el caso de la metodología generalmente utilizada en el proceso de proyección macroeconómica, la del vector autoregresivo (VAR), la cual en general utiliza un número limitado de variables. Aun cuando la elección de estas variables pueda ser realizada sobre la base de algún proceso de selección estadística, las proyecciones que se obtienen dependen exclusivamente del número reducido de variables seleccionadas, perdiéndose información potencialmente útil en el proceso.

Una alternativa a estos modelos de proyección, que involucra el uso de un número elevado de series económicas, es la de modelos derivados a partir de la técnica desarrollada por Stock y Watson (1998). Esta metodología se enmarca dentro del análisis factorial dinámico desarrollado anteriormente por Sargent y Sims (1977) y consiste en la reducción de la dimensionalidad de las series a ser utilizadas como variables explicativas en la proyección de una serie macroeconómica desde un número grande a un número más pequeño de indicadores o factores. Estos factores son construidos como combinaciones lineales de las variables originales. Las ponderaciones utilizadas en este proceso son obtenidas de forma tal de maximizar la proporción de la varianza total existente en el conjunto amplio de series

---

<sup>1</sup> En el caso de una economía abierta, como es el caso de la economía chilena, factores externos juegan un papel principal en el ciclo económico. Hoy es posible contar con indicadores sobre la evolución de

utilizadas contenida en el nuevo set de variables (factores). De esta forma se busca que los factores capturen el componente de las variables observadas que se relacione con un componente no observable que contenga mayor información sobre el ciclo global de la economía. En este sentido se podría eventualmente realizar interpretaciones casuales relacionando ciertos factores con *shocks* de demanda o de oferta que enfrenta la economía. Teniendo en cuenta la interpretación anterior dichos factores deberían colaborar con el ejercicio de predicción de variables macroeconómicas relevantes, aunque desde un punto de vista formal esto puede comprobarse sólo en función de los resultados estadísticos de las proyecciones.

En cuanto a la metodología utilizada en este trabajo, desarrollada por Stock y Watson (1998), se asume una estructura finita de rezagos en las representaciones de las variables bajo análisis en función de los factores no observables, lo que permite utilizar un análisis de componentes principales en el cálculo de los factores. El uso de componentes principales facilita el cálculo de los factores cuando el número de variables explicativas es grande y permite lidiar con irregularidades en los datos, siendo posible utilizar información proveniente de series para las cuales no existen valores en ciertos períodos de tiempo al interior de la muestra. Los factores estimados son posteriormente utilizados para realizar proyecciones de distintas variables macroeconómicas a distintos horizontes.

En este trabajo aplicamos esta técnica al caso de proyecciones de series macroeconómicas para la economía chilena con especial énfasis en proyecciones de inflación. Utilizando una base de datos de 306 series económicas con frecuencia mensual disponible para la economía chilena desde 1986, calculamos un grupo reducido de factores para ser utilizados en proyecciones de inflación y crecimiento. Estas proyecciones se comparan con las obtenidas a partir de modelos auto-regresivos no restringidos para las series a proyectar con el

---

un grupo elevado de economías en el mundo con rezagos significativamente menores con relación a una década atrás.

objetivo de identificar su calidad predictiva, utilizando como criterio el error cuadrático medio. Nuestros resultados indican que el uso de factores mejora de manera significativa las proyecciones con relación a dichos modelos tanto en inflación como en crecimiento.

Un número importante de trabajos han aplicado esta metodología para proyectar inflación y otras variables macroeconómicas. Entre otros, Camacho et al. (2002) para España, Artis et al. (2001) para el Reino Unido, Gosselin et al. (2001) para Canadá y Marcellino et al. (2003) y Angelini et al. (2001) para la Zona Euro, además de Stock y Watson (2002) para Estados Unidos. Estos autores han mostrado que el uso de este tipo de análisis en el proceso de proyección de variables macroeconómicas incrementa en general la precisión de las proyecciones.

Un desafío adicional que se enfrenta en este trabajo es la no estacionaridad de la tasa de inflación en parte importante de la muestra. Una alternativa es diferenciar esta variable y trabajar con esta transformación como variable dependiente. Desde un punto de vista teórico esta alternativa es menos atractiva. Más aun, nuestros análisis estadísticos muestran que, hacia el período final de la muestra, la inflación es estacionaria. Lo anterior no es sorprendente en tanto durante gran parte de la década de los noventa la economía chilena vivió un proceso de estabilización de la inflación desde niveles cercanos a 30% a inflaciones de un dígito (ver gráfico 1). Este proceso se dio dentro de un marco de política centrado principalmente en la meta de inflación. Esta meta de inflación fue descendiendo paulatinamente desde comienzos de los noventa hasta centrarse en torno al 3%. De forma tal de solucionar la aparente no estacionaridad de la inflación durante parte importante de la muestra utilizamos como variable a proyectar la desviación de la inflación de la meta de inflación.

El análisis factorial aplicado en este trabajo no está restringido solamente a su uso en modelos de proyección que no presentan una representación estructural de la economía. Adicionalmente en este trabajo se analizan los efectos de introducir factores en la

especificación de una curva de Phillips tradicional bajo la hipótesis de que dichas variables no observadas de la economía contendría información adicional a la brecha de producto relevante para la proyección de inflación. Siguiendo un proceso similar al indicado anteriormente nuestros resultados indican que la introducción de factores en esta representación estructural del proceso inflacionario mejora la capacidad predictiva de las proyecciones, colaborando positivamente con la proyección basada en una curva de Phillips tradicional para un horizonte de 12 meses.

El presente trabajo comienza presentando con mayor detalle la metodología utilizada en el cálculo de los factores y en las proyecciones. En la sección 3 se lleva a cabo un análisis de los factores. En esta sección se plantea una interpretación casual de la información contenida en los factores, analizando específicamente la correlación entre éstos y las series económicas utilizadas de forma tal de determinar si se puede inferir alguna hipótesis acerca de su comportamiento. Posteriormente, en la sección 4, realizamos ejercicios de proyección para la inflación y para crecimiento (sobre la base del IMACEC) comparando éstos con modelos auto-regresivos no restringidos y explicando la manera con que se trata de solucionar el problema con el comportamiento de la inflación en Chile durante la última década. Por último, en la sección 5, se muestran los resultados, en términos del ajuste de las proyecciones de inflación, de incorporar factores a una curva de Phillips tradicional. La sección 6 concluye y lista los pasos a seguir luego de esta primera etapa de proyecciones.

## **II. Metodología**

Considere la siguiente variable macroeconómica de interés,  $Y_t$ , a ser proyectada utilizando  $X_t$ , un grupo amplio de variables explicativas de dimensión  $N$ , disponibles en el período  $t$ . Generalmente los métodos de proyección utilizan sólo un sub-conjunto del grupo amplio de variables  $X_t$ , potencialmente útiles para la proyección debido a los problemas

estadísticos que implica un alto número de variables explicativas. En consecuencia, el desempeño de estos métodos tradicionales de proyección está determinado por el restringido grupo de variables que son elegidas. Una alternativa a esta metodología de proyección consiste en agrupar la información contenida en el conjunto completo de variables ( $X_t$ ) eliminando el contenido idiosincrático de cada serie. La idea detrás de esta estrategia es que la información relevante y por lo tanto el poder predictivo de un número grande de variables macroeconómicas puede ser resumido en un número menor de factores no observables directamente. Estos factores representan las variables subyacentes que explicarían la variación conjunta en el tiempo de las variables macroeconómicas observables (ver Sargent y Sims, 1977). Asumiendo que  $(X_t, Y_{t+h})$  puede ser representado por una estructura factorial dinámica con  $\bar{r}$  factores dinámicos comunes ( $f_t$ ) se obtiene que:

$$(1) \quad X_{it} = \lambda_i(L)f_t + e_{it} \quad \text{con } i = 1, \dots, N$$

$$(2) \quad Y_{t+h} = \beta_h(L)f_t + \gamma_h(L)Y_t + \zeta_{t+h}$$

Donde  $h$  es el horizonte de proyección para la variable  $Y_t$ ,  $e_{it}$  y  $\zeta_{t+h}$  son *shocks* idiosincráticos y  $\lambda_i(L)$ ,  $\beta_h(L)$ , y  $\gamma_h(L)$  son operadores de rezagos, los últimos dos dependientes del horizonte de proyección elegido. La ecuación (1) indica que el comportamiento de las variables contenidas en el vector  $X_t$  puede ser explicado por un grupo común de factores,  $f_t$ , sus rezagos, y un componente idiosincrático. La segunda ecuación indica que estos factores junto con rezagos de la variable a ser proyectada son utilizados en la estimación.

Si se asume adicionalmente que el número de rezagos es menor a  $q$ , un número finito, es posible expresar el sistema anterior a través de la siguiente representación estática:

$$(3) \quad X_t = \theta F_t + e_t$$

$$(4) \quad Y_{t+h} = \beta_h' F_t + \gamma_h(L) Y_t + \varepsilon_{t+h}$$

Donde  $F_t = (f_t', \dots, f_{t-q}')'$  es una matriz de factores de orden  $(r \times 1)$ , con  $r \leq (q+1)\bar{r}$ . Stock y Watson (1998) muestran que asumiendo ciertas restricciones sobre ciertos momentos y condiciones de estacionaridad en las variables utilizadas, el espacio comprendido por los factores dinámicos,  $f_t$ , puede ser estimado consistentemente utilizando análisis de componentes principales sobre la matriz de covarianza de  $X_t$ . Adicionalmente, el uso de componentes principales permite que estos estimadores puedan ser calculados fácilmente, incluso cuando  $N$ , el número de variables explicativas, es grande, y permite ser generalizado para lidiar con irregularidades en los datos. Adicionalmente, Stock y Watson (1998) muestran que las proyecciones de  $Y_t$  obtenidas a partir del uso de los factores son asintóticamente eficientes si el número de factores incluidos en el modelo a estimar es igual o mayor al número de factores dinámicos comunes  $\bar{r}$ , y si la dimensión transversal de  $X_t$  es mucho mayor a la dimensión temporal.

### III. Cálculo de factores para la economía chilena

Los factores son calculados a partir de 306 series económicas disponibles en frecuencia mensual para el período Marzo del 1986 a Marzo del 2004. La selección de estas variables esta basada únicamente en un criterio de disponibilidad al no existir un método estadístico claro en la literatura. Sin embargo, la inclusión de variables adicionales en principio no debieran afectar los resultados por cuanto su aporte marginal a la varianza del conjunto amplio de datos debiera ser reducido<sup>2</sup>. Para llevar a cabo el cálculo de los factores es necesario que todas las variables utilizadas en el análisis sean estacionarias por lo que, cuando

---

<sup>2</sup> No obstante, tal como se discutirá más adelante, nuestros resultados difieren dependiendo de los datos utilizados en la matriz de variables observables lo que implicaría que la estimación de los factores podría ser sensible a la representación que tiene cada sector económico en la base de datos.

fue necesario, las variables se diferenciaron cuantas veces fue requerido en orden a obtener estacionaridad. La diferenciación de las variables se llevó a cabo tanto de forma mensual como anual por lo que se calculan dos tipos de factores, unos que explican la varianza de las diferencias en un mes de este tipo de variables y otros que la explican en doce meses, utilizando ambos para las proyecciones<sup>3</sup>. Adicionalmente, y tal como el método lo requiere, las variables son estandarizadas con respecto a su media y varianza, lo que permite utilizar de la misma manera las distintas series. Además, cuando es necesario, las series son desestacionalizadas en base al método X-12 ARIMA.

Como se mencionó anteriormente, en el caso chileno la tasa de inflación ha sido bastante fluctuante en el tiempo. Además, luego de un largo proceso, las tasas de inflación fueron reducidas desde valores superiores al 20% en la década del 80 a niveles de un dígito hacia fines de la década pasada. Esta disminución gradual de la inflación se realizó utilizando una política monetaria centrada en la meta de inflación como el ancla nominal de la economía. En la actualidad la política monetaria esta guiada por objetivos inflacionarios dentro de una banda para la inflación centrada en el 3% (Gráfico 1). En la totalidad de la muestra elegida los tests estadísticos indican que la inflación tiene raíz unitaria, sin embargo, desde un punto de vista teórico esto no debería ocurrir. Más aun, si se restringe la muestra, los tests estadísticos arrojan resultados contradictorios. Por otra parte, dentro del marco de política imperante, la tasa de inflación debería continuar con su oscilación con respecto al rango meta tal como ha venido ocurriendo en los últimos años. Basados en esto decidimos no diferenciar las tasas de inflación, tanto para el cálculo de los factores como para las proyecciones<sup>4</sup>. Sin embargo, en una etapa posterior se utilizan las desviaciones de la inflación efectiva con respecto a la meta de inflación para cada período como la variable a proyectar para confirmar la robustez de los resultados y cuantificar posibles mejoras en la calidad de las proyecciones.

---

<sup>3</sup> Cuando las variables utilizadas son variaciones en doce meses (mensuales) los rezagos de inflación corresponden la tasa de variación anual (mensual).

## Insertar Gráfico 1

De manera tal de representar de la forma más adecuada posible la economía chilena, consideramos distintos tipos de variables económicas. En particular, en nuestro análisis incluimos variables que representan producción (tales como producción industrial y ventas industriales), el sector externo (importaciones, exportaciones y precios de *commodities* entre otras), precios (desagregaciones de los índices de precios al consumidor y al por mayor), el mercado laboral (los que incluyen costos laborales, empleo, desempleo y salarios), agregados monetarios, el sector fiscal y el mercado financiero (colocaciones, captaciones, tipos de cambio y tasas de interés entre otros).<sup>5</sup>

Dado que no todas las series están disponibles para el período completo y que la metodología de componentes principales utilizada para el cálculo de los factores requiere que las bases de datos estén completas, tres tipos de estimaciones son efectuadas: balanceadas, no balanceadas y *stacked*. En el primer caso sólo variables que estén disponibles para el período completo de estimación son utilizadas. En el segundo, las variables con observaciones no disponibles, son completadas (el grupo de observaciones es balanceado) utilizando el valor proyectado para esa observación a partir de los factores obtenidos en la estimación balanceada. Una vez que las variables han sido completadas se proceden a re-estimar los factores en un proceso que luego de varias iteraciones finalmente estima factores con toda la información disponible. Finalmente, en el caso de las estimaciones *stacked*, se duplica el tamaño de los datos balanceados utilizando un rezago de cada una de estas variables.

---

<sup>4</sup> De todas formas se hicieron estimaciones con diferencias de inflación, pero los resultados fueron inferiores.

<sup>5</sup> La lista de variables utilizadas se encuentra disponible con los autores.

En cuanto al número de factores es posible calcular un número arbitrario de ellos por lo que sólo determinamos el número apropiado a utilizar en el ejercicio de proyecciones.<sup>6</sup> En particular, se puede ver que un número acotado de factores explica una proporción importante de la varianza de las series utilizadas. Algunos autores han señalado que aquel o aquellos factores relacionados principalmente con variables de actividad podrían ser interpretados como factores reales mientras que aquel o aquellos relacionados con precios, tasas de interés, tipos de cambio o salarios podrían ser interpretados como factores nominales. Esta interpretación sin embargo adolece el problema de identificación dado que el estimador es consistente para el espacio cubierto por los factores, no para los factores mismos. En consecuencia, es difícil proveer una interpretación estructural a partir de los factores calculados al no coincidir necesariamente éstos con las fuerzas detrás del ciclo económico. Sin embargo, una combinación de ellos si lo estará y por lo tanto puede ser útil analizar como se correlacionan estos con el grupo completo de variables utilizadas.

En el gráfico 2 presentamos los  $R^2$  de los 3 primeros factores y las distintas variables que componen nuestra muestra agrupadas de acuerdo la clasificación señalada con anterioridad. Un  $R^2$  alto indicaría que la variable bajo análisis es un importante componente del factor bajo análisis. En primer lugar es posible señalar que la correlación del primer factor con variables de actividad es baja mientras que es alta en relación con variables de precio, del mercado laboral (en particular con relación a las variables de salario), tasas de interés y algunas variables del sector externo. Siguiendo previos estudios, este factor podría interpretarse como un factor nominal. El segundo factor está correlacionado principalmente con variables de actividad y con medidas de empleo. Al estar relacionado principalmente con variables de este tipo, podría ser definido como un factor real. El factor tres, cuatro y cinco parecen estar correlacionados en mayor medida con variables de actividad, precios y externo

---

<sup>6</sup> Aun cuando se han propuesto recientemente algunos tests para determinar el número de factores, no existe un tratamiento claro a este respecto lo que no ha llevado en primera instancia a seguir un enfoque simple.

(*commodities*) respectivamente. Sin embargo, los  $R^2$  en estos casos son significativamente menores a los de los dos primeros factores.

### **Insertar Gráfico 2**

En orden a corroborar la posible asociación de ciertos factores con variables nominales o reales, se procedió a dividir la muestra de acuerdo a dicho criterio y calculándose grupos de factores a partir de dos sub-muestras. La primera relacionada con variables nominales tales como los salarios nominales y precios y la segunda con variables de actividad entre otras variables reales. Los resultados muestran que el factor principal del set calculado con variables nominales está altamente correlacionado con el primer factor calculado con todas las variables. Lo mismo ocurre entre el primer factor calculado sobre la base de variables reales y el segundo factor del conjunto completo de variables. Todo esto reafirma la conclusión anterior en cuanto a la caracterización nominal o real de los factores llevada a cabo en el párrafo anterior (ver gráfico 3).

### **Insertar Gráfico 3**

Adicionalmente resulta útil examinar la evolución dinámica de los tres primeros factores y la de la inflación y del crecimiento en el Indicador Mensual de Actividad Económica (IMACEC). El primer factor presenta un patrón cíclico muy similar al de la inflación mientras que el tercer factor parece tener una evolución cíclica muy similar a la del IMACEC. El segundo factor presenta un fuerte ajuste entre 1998 y 1999 lo que corrobora la fuerte correlación entre este factor y las series de actividad, las cuales sufrieron un fuerte ajuste en ese período. Se presentan también las correlaciones entre los factores y la inflación y el crecimiento futuro a 3, 6, 9 y 12 meses (Tabla 1). Los resultados muestran que el primer factor se correlaciona en una magnitud importante y positivamente tanto con la inflación como con el crecimiento, lo que podría dar una señal de que se trata de un factor relacionado

con *shocks* de demanda. El segundo factor muestra correlaciones bajas con crecimiento y positivas con inflación, mientras que el tercero muestra correlaciones con respecto a las dos variables con distinto signo, lo que podría ser una señal de que se trata de un *shock* de oferta. Así, en base a este tipo de análisis podríamos llegar a concluir que la mayor parte de las perturbaciones que ha sufrido la economía chilena serían por el lado de la demanda ya que los dos primeros factores, que explican la mayor proporción de la varianza de las variables observadas generan efectos positivos en inflación y crecimiento.

**Insertar Gráfico 4**

**Insertar Tabla 1**

**Insertar Tabla 2**

En cuanto a las correlaciones entre los factores calculados en base a las dos submuestras de variables nominales y reales en relación con inflación y crecimiento, los resultados obtenidos son similares a los presentados anteriormente (ver tabla2). Sin embargo en el caso del primer factor real las correlaciones tienen el mismo signo tanto como para inflación como para crecimiento. Este hecho reafirmaría la conveniencia de estimar los factores sobre la base del set completo de variables, inclusive cuando se le quiere dar una interpretación en el marco analítico de oferta y demanda agregadas. Esto se debe a que shocks de demanda o de oferta pueden tener impacto tanto sobre variables nominales como reales por lo que la división de la muestra no separa adecuadamente la información relacionada a uno u otro shock agregado.

#### **IV. Proyecciones de inflación y actividad**

En esta sección analizamos en primer lugar los resultados del proceso de proyección para el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y luego los del crecimiento en el IMACEC utilizando los factores analizados en la sección anterior. En particular, procedemos a realizar proyecciones de inflación ( $\pi$ ) para distintos horizontes de tiempo. Estas proyecciones se obtienen a partir de la estimación de la siguiente función de proyección para distintos horizontes de tiempo:

$$(5) \quad \hat{\pi}_{t+h/T} = \hat{\alpha}_h + \sum_{j=1}^m \hat{\beta}'_{hj} \hat{F}_{T-j+1} + \sum_{j=1}^p \hat{\gamma}'_{hj} \pi_{T-j+1} + \varepsilon_{t+h},$$

donde  $\hat{F}_t$  corresponde al vector de  $k$  factores estimados y  $h$  es el horizonte de proyección. Como ya se mencionó, se supone que la inflación es un proceso integrado de orden cero lo que es consistente con nuestra apreciación teórica y con los resultados obtenidos de los tests de raíces unitarias para algunos sub-períodos de la muestra.<sup>7</sup> Cuatro variantes de esta ecuación son estimadas en orden a evaluar la robustez de los resultados obtenidos. Un primer grupo de proyecciones es obtenido de la estimación de un modelo en el que sólo se consideran factores contemporáneos. Un segundo grupo incluye sólo factores contemporáneos y sus rezagos. Un tercer grupo de estimaciones incluye sólo factores contemporáneos y rezagos de la inflación. Finalmente, se obtienen proyecciones en las que se consideran tanto rezagos de factores como rezagos de inflación. La selección del número óptimo de rezagos para cada modelo es determinada a través del criterio de información bayesiana. El modelo de proyección se estima para horizontes de 3, 6, 9 y 12 meses con los tres tipos grupos de información disponibles: balanceados, no balanceados y *stacked*.

---

<sup>7</sup> No así para el total de la muestra. No obstante, realizamos estimaciones alternativas en las que se supuso un orden de integración mayor para la inflación no encontrándose mejores resultados en términos de la bondad de las proyecciones.

En orden a evaluar el desempeño predictivo de estas estimaciones se procede a obtener proyecciones fuera de muestra para distintos horizontes de inflación a partir de enero de 1996. Posteriormente se comparan los errores cuadráticos medios de estas proyecciones con los que se obtienen a partir de un modelo autorregresivo para la inflación. Los resultados son presentados en la tabla 3 e indican que el uso de factores reduce de manera significativa los errores cuadráticos medios con respecto al modelo autorregresivo en el caso del IPC. En la tabla se presenta la razón entre el ECM de la mejor especificación y el de un modelo autoregresivo no restringido. Además se presentan los errores estándar de dicha razón y la especificación. Los resultados muestran que las proyecciones sobre la base de factores tienen una mayor calidad predictiva que el método autorregresivo para todos los horizontes considerados. Por otra parte, consistente con estudios previos, sólo se utiliza un factor en las proyecciones para todos los horizontes, correspondiendo al primer factor estimado, el que explica la mayor cantidad de varianza posible y que fue analizado anteriormente como un factor que podría capturar *shocks* nominales o de demanda. En relación con el número de rezagos, las proyecciones al menos 1 rezago de inflación, mientras que no utilizan rezagos de factores.

### **Insertar Tabla 3**

Tal como se mencionó anteriormente, durante la década de los noventa la tasa de inflación experimentó una importante caída. La existencia de metas de inflación anuales durante todo este período ha sido sindicada como un importante elemento modelador de la dinámica inflacionaria. Es así como, entre otros, Valdés (1997) argumenta fuertemente a favor de modelar la evolución de la inflación en relación con la meta de inflación. Adicionalmente esta estrategia permite lidiar con potenciales problemas de asumir erróneamente que el proceso de inflación es  $I(0)$ . Esto además se podría reflejar en altos errores cuadráticos medios, lo que no permitiría estimar bien la calidad de las estimaciones. De forma tal de poner

a prueba la robustez de nuestros resultados previos, procedemos a estimar el siguiente modelo de proyección:

$$(6) \quad (\hat{\pi}_{t+h/T} - \bar{\pi}_{t+h}) = \hat{\alpha}_h + \sum_{j=1}^m \hat{\beta}'_{hj} \hat{F}_{T-j+1} + \sum_{j=1}^p \hat{\gamma}'_{hj} (\pi_{T-j+1} - \bar{\pi}_{T-j+1}) + \varepsilon_{t+h},$$

Un resultado inmediato de esta estrategia es que el proceso autorregresivo mejora significativamente en relación con nuestros modelos con factores, lo que se traduce en una disminución en las razones entre los errores cuadrático medio para los distintos horizontes de proyección (Tabla 4). De todas formas estas razones continúan siendo menores a uno para algunos plazos. La única excepción es la proyección a 12 meses, la que no obstante se compara con un mejor resultado del proceso autoregresivo, muestra una menor relación entre su ECM y el de éste último modelo. Es posible que el cálculo de los factores pueda estar influenciado por el hecho de que las tasas de interés presentaron importantes movimientos en el año 1998. Dicho de otra forma, parte importante de la varianza conjunta de las series utilizadas para el cálculo de los factores se puede deber a la varianza experimentada por las distintas tasas de interés que se utilizan, o variaciones dentro del bloque de tasas de interés, sin estar necesariamente estas relacionadas con las restantes series<sup>8</sup>. En orden a corregir por este hecho, obtuvimos un nuevo grupo de factores eliminando las tasas de interés del cálculo de éstos<sup>9</sup>. Los resultados indican que la capacidad predictiva tendería a aumentar para la mayoría de los horizontes considerados (Tabla 5), lo que implica que la forma que tome el conjunto de variables observables utilizado puede tener una influencia importante en la calidad de las proyecciones.

#### Insertar Tabla 4

---

<sup>8</sup> Boivin y Ng (2003) demuestran que el uso de sub-muestras mejora los resultados de proyección.

<sup>9</sup> Adicionalmente se eliminaron otras variables que podrían estar sobrerrepresentando ciertos sectores de la economía.

### **Insertar Tabla 5**

Es importante notar que la cantidad de factores utilizados en las proyecciones sigue siendo relativamente bajo. Nuevamente, conforme el horizonte de proyección aumenta, las proyecciones de los modelos con factores mejoran en relación con las de los modelos autorregresivos. Además, y al igual que en trabajos anteriores, el método no balanceado es el que en general mejores resultados arroja lo que permite confirmar que el método es bueno para lidiar con problemas de irregularidades en los datos.

Por último, terminamos esta sección analizando los efectos sobre la capacidad predictiva del uso de factores en proyecciones de actividad. Como medida de actividad utilizamos el Indicador Mensual de Actividad Económica (IMACEC) elaborado por el Banco Central de Chile y que sigue de cerca la evolución del PIB. Las proyecciones se realizan para horizontes de 3, 6, 9 y 12 meses con los factores estimados sin incluir tasas de interés<sup>10</sup>. Nuestros resultados indican que las proyecciones de actividad presentan un poder predictivo más alto que aquellas que emergen de modelos autorregresivos para el IMACEC (Tabla 6). Nuevamente, a mayores horizontes, el poder predictivo de nuestros modelos factoriales aumenta significativamente con relación al modelo AR. En este caso para algunos horizontes las mejores proyecciones utilizan una mayor cantidad de factores que en el caso de la inflación.

### **Insertar Tabla 6**

---

<sup>10</sup> Se hicieron proyecciones con los factores sin ajustar pero los resultados fueron inferiores.

## V. Curva de Phillips y Factores

Una forma alternativa de uso de los factores consiste en introducirlos en algún tipo de estimación estructural de la variable a proyectar y analizar como los resultados de proyección se ven afectados. En el caso de las proyecciones de inflación resulta lógico pensar en la curva de Phillips. En consecuencia, procedemos en primer lugar a especificar una curva de Phillips tradicional. En particular, estimamos la siguiente relación:

$$(7) \quad (\hat{\pi}_{t+h/T} - \bar{\pi}_{t+h}) = \hat{\alpha}_h + \sum_{j=1}^p \hat{\theta}'_{hj} \hat{U}_{T-j+1} + \sum_{j=1}^p \hat{\gamma}'_{hj} (\pi_{T-j+1} - \bar{\pi}_{T-j+1}) + \varepsilon_{t+h},$$

donde  $\hat{U}$  corresponde a la brecha producto calculada a partir de la aplicación de filtro de Hodrick-Prescott. Esta relación indica que cuando el producto efectivo se encuentra por sobre su nivel potencial, se producen presiones inflacionarias. En la medida de que otros “factores” puedan estar afectando la evolución de la inflación y que éstos no estén reflejados en esta medida de brecha, el uso de los factores obtenidos a partir el método de Stock y Watson (1998) puede incrementar el poder predictivo de esta relación. Más aun, en la medida de que estos factores aporten información relevante respecto a la evolución futura de la brecha de producto y por lo tanto de la inflación, se puede obtener importantes mejorías en la capacidad predictiva a partir de la curva de Phillips. Basados en lo anterior, procedemos a estimar una versión aumentada de esta curva de Phillips utilizando factores. En concreto, estimamos la siguiente relación:

$$(8) \quad (\hat{\pi}_{t+h/T} - \bar{\pi}_{t+h}) = \hat{\alpha}_h + \sum_{j=1}^m \hat{\beta}'_{hj} \hat{F}_{T-j+1} + \sum_{j=1}^p \hat{\theta}'_{hj} \hat{U}_{T-j+1} + \sum_{j=1}^p \hat{\gamma}'_{hj} (\pi_{T-j+1} - \bar{\pi}_{T-j+1}) + \varepsilon_{t+h},$$

Nuestros resultados indican en primer lugar que una curva de Phillips mejora los resultados del ejercicio de proyección en relación con los modelos autorregresivos sólo para los

horizontes de 9 y 12 meses. Por su parte, una curva de Phillips aumentada con factores exhibe mejor poder predictivo, sobre la base de nuestro criterio del error cuadrático medio (ECM), tanto en comparación con los modelos autorregresivos como con el modelo de curva de Phillips tradicional para dichos horizontes (Tabla 7). Es posible apreciar que en estos dos casos sólo un factor reemplaza al rezago en la inflación para lograr resultados superiores a los de una curva de Phillips tradicional. Es importante destacar que dicho factor es aquel que está más relacionado con variables nominales por lo que se podría inferir que la brecha de producto se mantendría como la principal variable que entrega información sobre actividad económica en las proyecciones de inflación.

#### **Insertar Tabla 7**

## **VI. Conclusiones**

En este documento implementamos el método desarrollado por Stock y Watson (1998) de análisis factorial en el proceso de proyección de la inflación (IPC) y de actividad (IMACEC). Nuestros resultados indican que el uso de factores, los cuales representan las variables subyacentes que explican la variación en el tiempo del ciclo económico, mejora de manera significativa la capacidad predictiva. Nuestros resultados también indican que el uso de estos factores en modelos estructurales de inflación, tal como la curva de Phillips, puede generar importantes mejorías en el ajuste de la proyección.

Las ganancias derivadas de la inclusión de factores dinámicos en la proyección de variables macroeconómicas han sido documentadas por una serie de estudios para terceros países. En la tabla 8 se presentan los resultados de dichos estudios y se comprueba que, al igual que en el presente estudio, los resultados tienden a mejorar mientras más largo es el horizonte de proyección. En el caso de la proyección de la actividad económica –que en ciertos casos corresponde al crecimiento de la producción industrial-, nuestros resultados para

un horizonte de 12 meses se comparan positivamente con el resto de los estudios, mientras que para las proyecciones de inflación nuestros resultados se sitúan cerca del promedio de las ganancias obtenidas en ellos. De todas formas una evaluación más completa debiera tener en cuenta la variabilidad relativa de las series a proyectar y como dicha variabilidad afecta la estimación tanto del modelo autorregresivo para el cual se comparan los resultados, como de las proyecciones que incluyen los factores dinámicos.

### **Insertar Tabla 8**

Finalmente, el uso de esta metodología no esta restringida a la obtención de proyecciones de inflación. Tal como ha sido documentado por Bernanke y Boivin (2003), el uso de análisis factorial dinámico puede ser utilizado para mejorar el entendimiento respecto a la función de reacción de la política monetaria en un ambiente de alta disponibilidad de información. Adicionalmente es posible avanzar en una interpretación más estructural de los factores lo que facilitaría la interpretación de los resultados obtenidos y un análisis más estilizado en relación a los mecanismos de transmisión de la política monetaria en este marco.<sup>11</sup>

### **Referencias**

Angelini, E., J. Henry y R. Mestre (2001), “Diffusion Index-based Inflation Forecasts for the Euro Area,” WP No 61, European Central Bank.

Artis M., A. Banerjee y M. Marcellino (2001) “Factor Forecasts for the UK,” mimeo, European University Institute.

Bernanke, B. y J. Boivin (2003) “Monetary Policy in a Data-rich Environment,” *Journal of Monetary Economics* 50, pp. 525-546.

---

<sup>11</sup> Ver Justiniano (2002) y Bernanke, Boivin, y Eliaz (2004).

Bernanke, B., J. Boivin y P. Elias (2004) "Measuring the Effects of Monetary Policy: A Factor-Augmented Vector Autoregressive (FAVAR) Approach," NBER, Working Paper No. 10220.

Boivin, J. y S. Ng (2003) "Are More Data Always Better for Factor Analysis?" NBER Working Paper N°9829.

Camacho, M. y E I. Sancho (2003) "Spanish Diffusion Indexes," *Spanish Economic Review* 5(3):173-203.

Grosselin, M. y G. Tkacz (2001) "Evaluating Factor Models: An Application to Canadian Inflation," Working Paper No 18, Bank of Canada.

Justiniano, A. (2002) "Sources and Propagation Mechanisms of Foreign Disturbances in Small Open Economies: A Dynamic Factor Analysis," mimeo, Princeton University.

Marcellino, M., J. Stock y M. Watson (2003) "Macroeconomic Forecasting in the Euro Area: Country Specific versus Area-wide Information," *European Economic Review* 47:1-18.

Sargent, T. y C. Sims (1977) "Business Cycle Modeling without Pretending to Have Too Much A-Priori Economic Theory," en *New Methods in Business Cycle Research*, C. Sims et al. (eds), Minneapolis: Federal Reserve Bank.

Stock, J. y M. Watson (1998) "Diffusion Indexes," Working Paper No 6702, NBER.

Stock, J. y M. Watson (1999) "Forecasting Inflation," *Journal of Monetary Economics* 44, pp. 293-335.

Stock, J. y M. Watson (2002) "Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes," *Journal of Business & Economic Statistics* 20(2), pp. 147-162.

**Tabla 1:** Correlaciones entre factores e inflación y crecimiento a distintos horizontes

	Horiz.	F1	F2	F3
Inflación	6	0.82	0.17	0.05
	9	0.86	0.21	0.03
	12	0.88	0.24	0.01
Crecimiento	6	0.33	0.03	-0.15
	9	0.39	0.06	-0.17
	12	0.45	0.08	-0.13

**Tabla 2:** Correlaciones entre factores estimados en base a variables reales y nominales, e inflación y crecimiento a distintos horizontes

	Horiz.	F Nom 1	F Nom 2	F Real 1	F Real 2
Inflación	6	0.78	0.10	0.45	0.00
	9	0.82	0.13	0.49	0.00
	12	0.85	0.15	0.53	-0.01
Crecimiento	6	0.31	-0.05	0.20	0.01
	9	0.36	-0.06	0.26	0.04
	12	0.41	0.00	0.29	0.02

**Tabla 3:** Resultados Proyecciones de Inflación sin Ajustar

Horizonte	ECM en Relación al Modelo AR	Error Estándar	Factores	Rezagos de Factores	Rezagos de Inflación	ECM AR
3	0.60	0.14	1	0	>=1	0.012
6	0.64	0.23	1	0	>=1	0.033
9	0.60	0.17	1	0	>=1	0.046
12	0.76	0.28	1	0	0	0.090

**Tabla 4:** Resultados Proyecciones de Inflación con respecto a la Meta

Horizonte	ECM en Relación al Modelo AR	Error Estándar	Factores	Rezagos de Factores	Rezagos de Inflación	ECM AR
3	0.95	0.07	1	1	0	0.003
6	1.05	0.09	1	1	0	0.005
9	0.93	0.23	1	3	6	0.009
12	0.64	0.27	2	0	0	0.015

**Tabla 5:** Resultados Proyecciones de Inflación con respecto a la Meta  
Muestra Ajustada

Horizonte	ECM en Relación al Modelo AR	Error Estándar	Factores	Rezagos de Factores	Rezagos de Inflación	ECM AR
3	0.95	0.07	1	0	$\geq 1$	0.003
6	1.00	0.08	2	0	0	0.005
9	0.88	0.12	1	1	6	0.009
12	0.62	0.24	1	0	0	0.015

**Tabla 6:** Resultados Proyecciones de Crecimiento en base a IMACEC  
Muestra Ajustada

Horizonte	ECM en Relación al Modelo AR	Error Estándar	Factores	Rezagos de Factores	Rezagos de Inflación	ECM AR
3	0.79	0.18	3	$\geq 1$	0	0.025
6	0.70	0.20	1	$\geq 1$	0	0.068
9	0.66	0.26	1	0	0	0.119
12	0.42	0.25	6	0	0	0.293

**Tabla 7:** Resultados Proyecciones de Inflación Incluyendo Brecha de Producto  
Muestra Ajustada

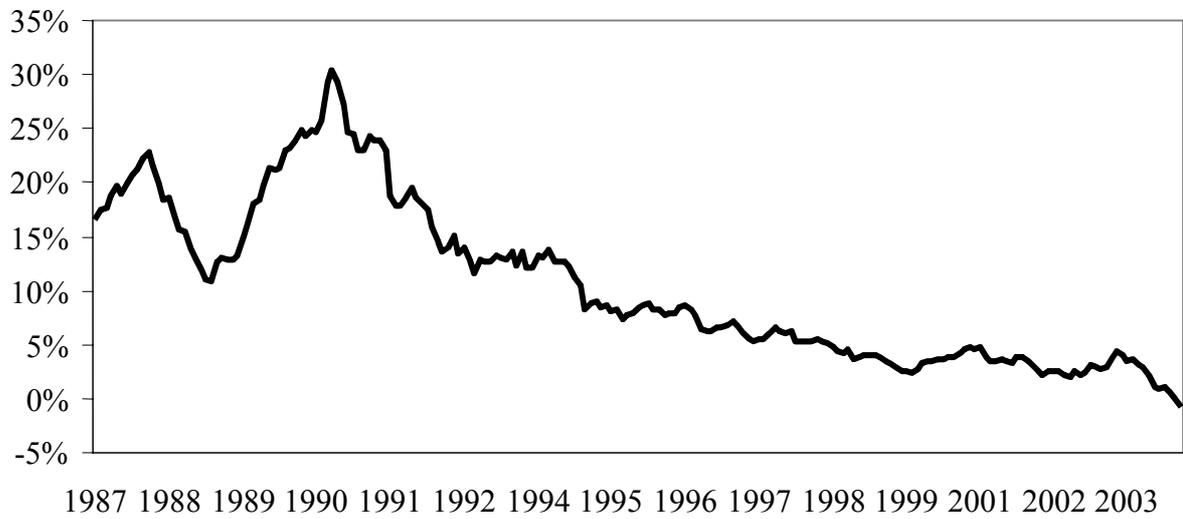
Horizonte	ECM en Relación al Modelo AR	ECM en Relación a Curva Phillips	Error Estándar	Factores	Rezagos de Factores	Rezagos de Inflación
3	1.79	1.14	0.15	1	0	$\geq 1$
6	1.25	0.85	0.12	1	0	0
9	0.61	0.89	0.14	1	0	0
12	0.56	0.80	0.28	1	0	0

**Tabla 8:** Comparación de Resultados con otros Estudios  
*Realación entre el ECM de la mejor proyección incluyendo factores y de un modelo autoregresivo no restringido*

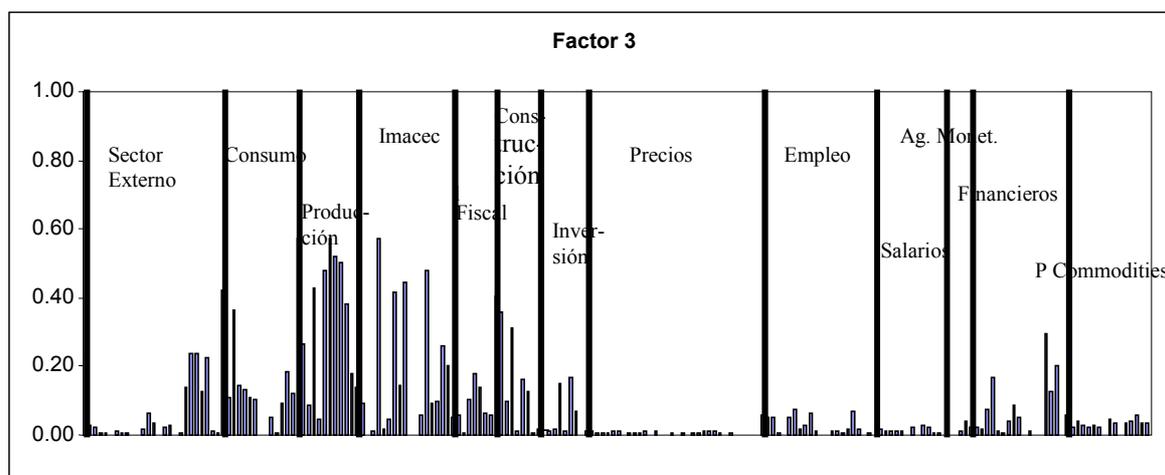
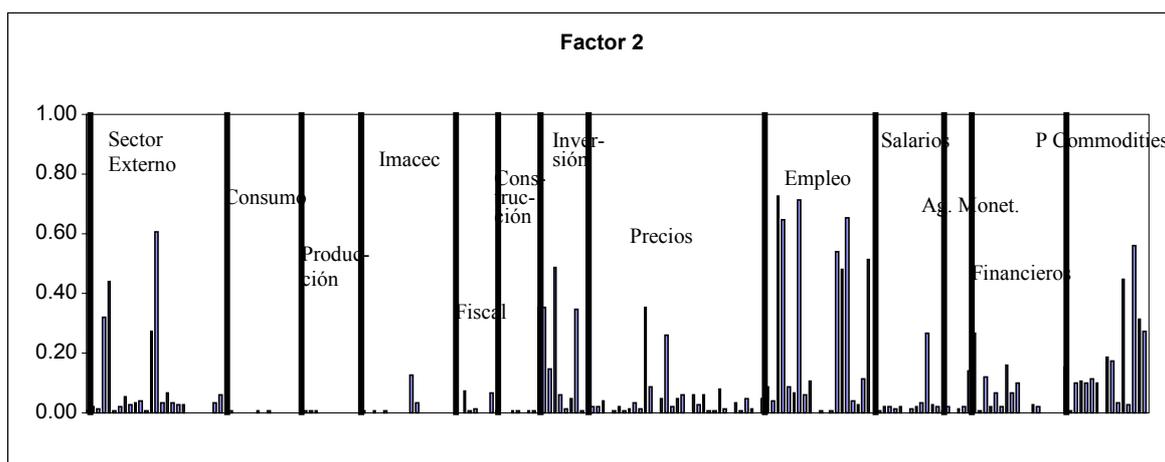
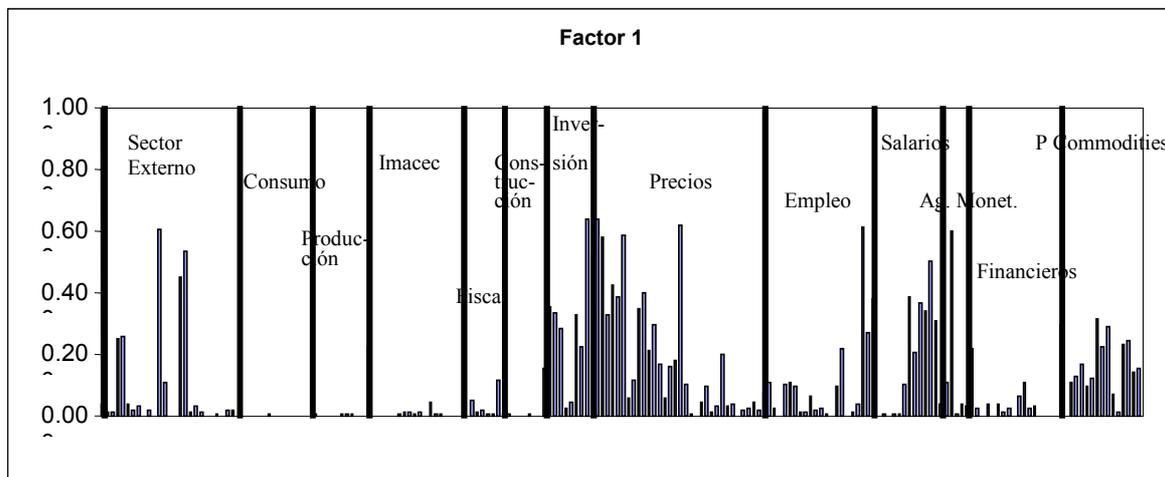
País	Estudio	Producción				Inflación			
		3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
España	Camacho et al. (2002)	0.73	0.63	-	0.55	0.66	0.41	-	0.33
Reino Unido	Artis et al. (2001)	-	0.84	-	0.87	-	0.60	-	0.43
Canadá	Gosselin et al. (2001)	-	-	-	-	-	-	-	0.61
Zona Euro	Marcellino et al. (2003)	1.23	0.94	-	0.57	1.04	1.30	-	2.78
EEUU	Stock y Watson (2002)	-	0.64	-	0.49	-	0.71	-	0.64
Chile		0.79	0.70	0.66	0.42	0.95	1.00	0.61*	0.56*

\* Estimaciones que incluyen brecha de producto

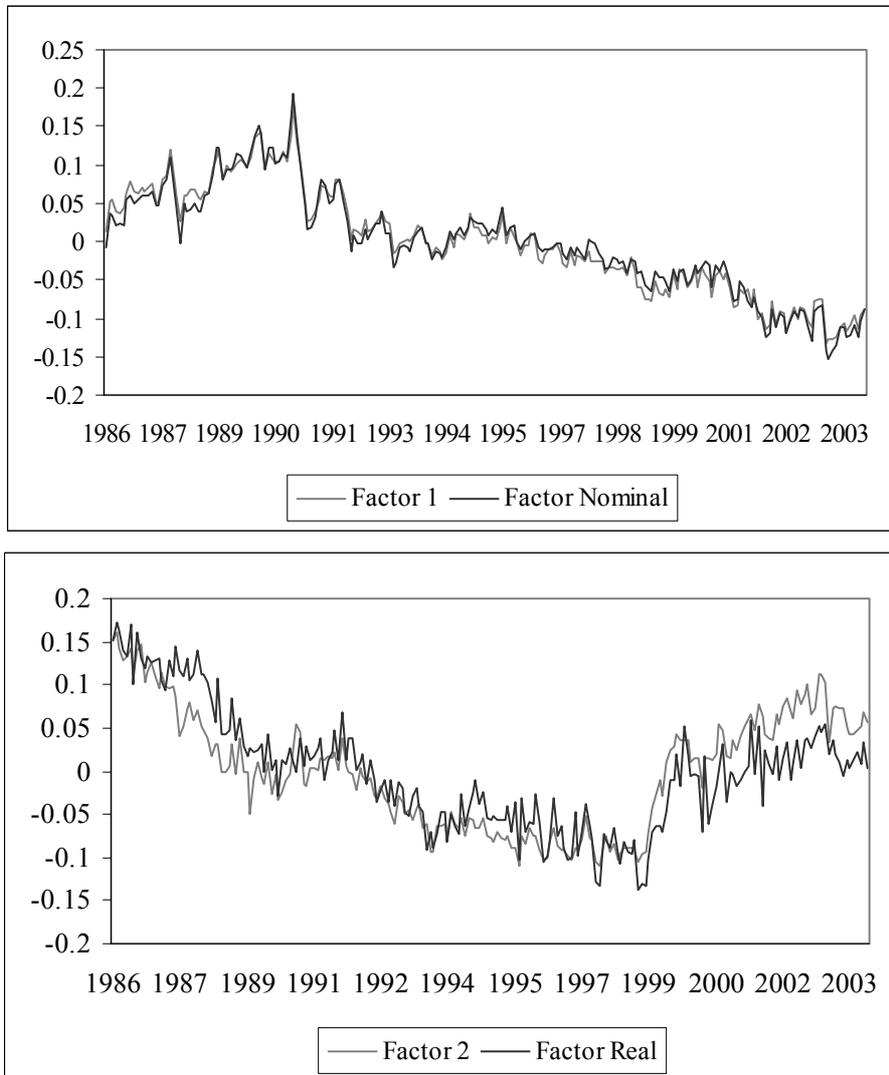
**Gráfico 1:** Tasa de Inflación Anual en Chile (1987-2004)



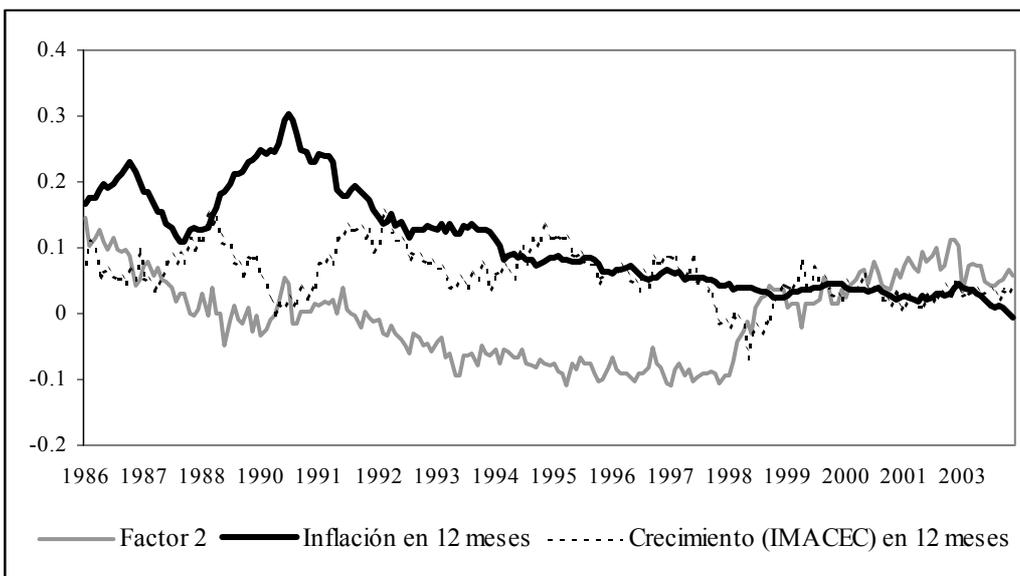
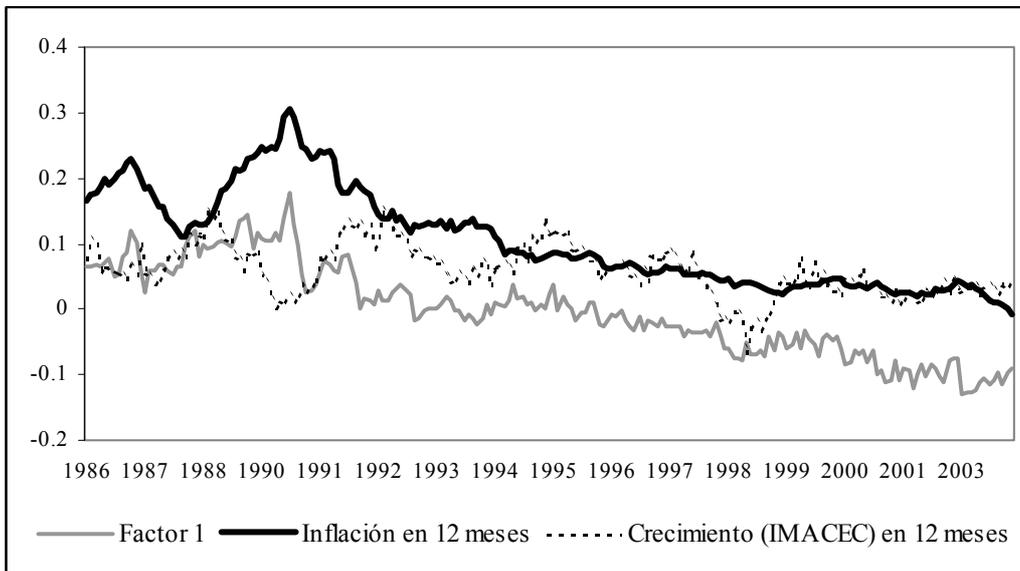
**Gráfico 2:**  $R^2$  calculados en regresiones entre factores y variables utilizadas para su estimación

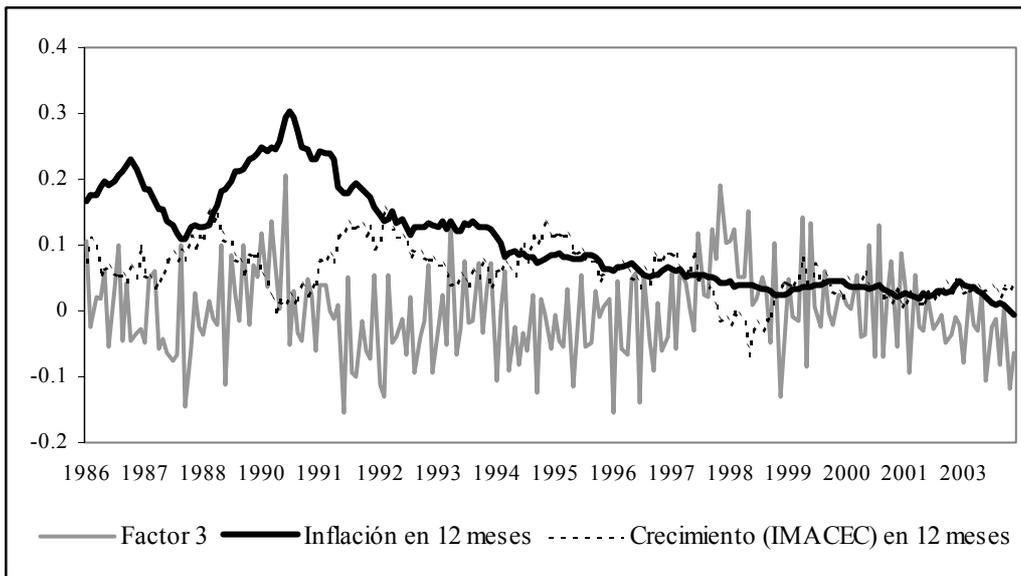


**Gráfico 3:** Relación entre factores estimados con la muestra completa y factores estimados en base a sub-muestras



**Gráfico 4: Factores e Inflación y Crecimiento (IMACEC)**





**Documentos de Trabajo  
Banco Central de Chile**

**Working Papers  
Central Bank of Chile**

NÚMEROS ANTERIORES

PAST ISSUES

La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica: [www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc](http://www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc). Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de \$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es para fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: (56-2) 6702231 o a través de correo electrónico: [bcch@bcentral.cl](mailto:bcch@bcentral.cl).

Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from: [www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper](http://www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper). Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for orders inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: (56-2) 6702231 or e-mail: [bcch@bcentral.cl](mailto:bcch@bcentral.cl).

- |                                                                                                                                                             |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| DTBC-273<br><b>Emerging Market Lending: Is Moral Hazard Endogenous?</b><br>Tobias Broer                                                                     | Octubre 2004    |
| DTBC-272<br><b>Exchange Rates and Monetary Policy in Open Economies: the Experience of Chile in the Nineties</b><br>Rodrigo Caputo                          | Octubre 2004    |
| DTBC-271<br><b>General Equilibrium Dynamics of External Shocks and Policy Changes in Chile</b><br>Francisco A. Gallego, Klaus Schmidt-Hebbel, y Luis Servén | Octubre 2004    |
| DTBC-270<br><b>The Effects of Infrastructure Development on Growth and Income Distribution</b><br>César Calderón y Luis Servén                              | Septiembre 2004 |
| DTBC-269<br><b>Trends in Infrastructure in Latin America, 1980-2001</b><br>César Calderón y Luis Servén                                                     | Septiembre 2004 |
| DTBC-268<br><b>Age-differentiated Minimum Wages in a Dual Labor Market Model</b><br>Mauricio Larráin y Joaquín Poblete                                      | Agosto 2004     |

DTBC-267	Julio 2004
<b>Acerca del Nivel Adecuado de las Reservas Internacionales</b>	
Claudio Soto, Alberto Naudon, Eduardo López, y Alvaro Aguirre	
DTBC-266	Junio 2004
<b>Un Análisis del Comportamiento del Tipo de Cambio Real en Chile</b>	
César Calderón	
DTBC-265	Junio 2004
<b>Economic Growth in Latin America and the Caribbean: Stylized Facts, Explanations, and Forecasts</b>	
Norman Loayza, Pablo Fajnzylber, y César Calderón	
DTBC-264	Junio 2004
<b>Chile's Free Trade Agreements: How Big is The Deal?</b>	
Rómulo A. Chumacero, Rodrigo Fuentes, y Klaus Schmidt-Hebbel	
DTBC-263	Mayo 2004
<b>Labor Market Rigidity and Structural Shocks: An Open-Economy Approach for International Comparisons</b>	
Elías Albagli, Pablo García y Jorge Restrepo	
DTBC-262	Mayo 2004
<b>Monetarismo más allá del M1A</b>	
Pablo García y Rodrigo O. Valdés	
DTBC-261	Mayo 2004
<b>Dedollarization, Indexation and Nominalization: The Chilean Experience</b>	
Luis Oscar Herrera y Rodrigo O. Valdés	
	Mayo 2004
DTBC-260	
<b>Forecasting Chilean Industrial Production and Sales with Automated Procedures</b>	
Rómulo Chumacero	
DTBC-259	Mayo 2004
<b>Evaluating the Chilean Government's Debt Denomination</b>	
Elías Albagli	
DTBC-258	Mayo 2004
<b>Desempleo y Consumo en Chile</b>	
Claudio Soto	