

USO DE ANÁLISIS FACTORIAL DINÁMICO PARA PROYECCIONES MACROECONÓMICAS

Álvaro Aguirre R.
Luis Felipe Céspedes C.*

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.¹ Sin embargo, las principales metodologías de proyección de series macroeconómicas relevantes involucran, en la mayoría de los casos, solo 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 autorregresivo (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, con lo que se pierde 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 antes por Sargent y Sims (1977), y consiste en reducir la dimensionalidad de las series a ser utilizadas como variables explicativas en la proyección de una serie macroeconómica desde un número grande a uno más pequeño de indicadores o factores. Estos factores son construidos como combinaciones lineales de las variables originales.

Las ponderaciones utilizadas en este proceso se obtienen de forma tal de maximizar la proporción de la varianza total existente en el conjunto amplio de series utilizadas, contenida en el nuevo conjunto de variables o 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, eventualmente se podrían realizar interpretaciones casuales relacionando ciertos factores con *shocks* de demanda o de oferta que enfrentara 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 solo 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 al interior de la muestra. Los factores estimados se

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

* División de Estudios, Gerencia de Investigación Económica, Banco Central de Chile.

¹ En una economía abierta, como es el caso de la economía chilena, los factores externos juegan un papel principal en el ciclo económico. Hoy es posible contar con indicadores sobre la evolución de un grupo grande de economías en el mundo con rezagos significativamente menores con relación a una década atrás.

utilizan luego para realizar proyecciones de distintas variables macroeconómicas a distintos horizontes.

En este trabajo aplicamos esta técnica a las proyecciones de series macroeconómicas para la economía chilena, con especial énfasis en las 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 incorporados en proyecciones de inflación y crecimiento. Estas proyecciones se comparan con las obtenidas a partir de modelos autorregresivos no restringidos para las series a proyectar, con el objetivo de definir 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.

Numerosos trabajos han aplicado esta metodología para proyectar la inflación y otras variables macroeconómicas. Entre otros, Camacho et al. (2003) para España, Artis et al. (2001) para el Reino Unido, Gosselin y Tkacz (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 estacionariedad 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 una sorpresa, 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% hasta tasas de un dígito. Este proceso se dio dentro de un marco de política centrado principalmente en la meta de inflación, la que fue descendiendo paulatinamente desde comienzos de los noventa hasta centrarse en torno al 3%. Es por

esto que en este trabajo utilizamos como variable dependiente el nivel de la tasa de inflación. Posteriormente, de forma tal de solucionar la aparente no estacionariedad 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 constituyen 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 contendrían información adicional a la brecha de producto relevante para la proyección de inflación. Siguiendo un proceso similar al arriba indicado, nuestros resultados revelan 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 doce 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 III 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 estos y las series económicas utilizadas, de forma tal de determinar si se puede inferir alguna hipótesis acerca de su comportamiento. Posteriormente, en la sección IV, realizamos ejercicios de proyección para la inflación y para crecimiento (sobre la base del Imacec) comparando estos con modelos autorregresivos no restringidos y explicando la manera en que se trata de solucionar el problema del comportamiento de la inflación en Chile durante la última década. Por último, en la sección V, se muestran los resultados, en términos del ajuste de las proyecciones de inflación, de incorporar factores a una curva de Phillips tradicional. La sección VI concluye y lista los pasos a seguir luego de esta primera etapa de proyecciones.

II. METODOLOGÍA

Considérese la siguiente variable macroeconómica de interés, Y_t , a ser proyectada utilizando, un grupo amplio de variables explicativas de dimensión N , disponibles en el período t . Generalmente, los métodos de proyección utilizan solo un subconjunto 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 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 idiosincrásico de cada serie. La idea tras esta estrategia es que la información relevante —y por lo tanto el poder predictivo de un número grande de variables macroeconómicas— puede resumirse 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). Suponiendo que (X_t, Y_{t-1}) puede ser representado por una estructura factorial dinámica con \bar{r} factores dinámicos comunes (f_t), se obtiene que:

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

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

donde h es el horizonte de proyección para la variable Y_t , e_{it} y ζ_{t+h} son *shocks* idiosincrásicos 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 idiosincrásico. La segunda ecuación indica que estos factores junto con rezagos de la variable proyectada son utilizados en la estimación.

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

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

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

donde $F_t = (f_t, \dots, f_{t-q})$ es una matriz de factores de orden \bar{r} , con q rezagos. Stock y Watson (1998) muestran que asumiendo ciertas restricciones sobre ciertos momentos y condiciones de estacionariedad en las variables utilizadas, el espacio comprendido por los factores dinámicos, f_t , se puede estimar consistentemente mediante un análisis de componentes principales sobre la matriz de covarianza de X_t . Adicionalmente, el uso de componentes principales permite calcular estos estimadores fácilmente, incluso cuando N , el número de variables explicativas, es grande, y permite ser generalizado para lidiar con irregularidades en los datos. Stock y Watson muestran, además, 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 que el número de factores dinámicos comunes \bar{r} , y si la dimensión transversal de X_t es mucho mayor que 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 1986 — marzo 2004. La selección de estas variables se basa 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 debería afectar los resultados, por cuanto su aporte marginal a la varianza del conjunto amplio de datos debería ser reducido.² 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 fue necesario, las variables se diferenciaron cuantas veces fue necesario a fin de obtener estacionariedad. La diferenciación de las variables se hizo de forma tanto mensual como anual, por lo que se calcularon dos tipos de factores, unos que explican la varianza de las diferencias en un

² No obstante, nuestros resultados difieren según los datos que se utilicen 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.

$(r \leq (k) + 1) \bar{r}$.

mes de este tipo de variables y otros que la explican en doce meses, utilizando ambos para las proyecciones.³ Adicionalmente, y tal como el método lo requiere, las variables fueron estandarizadas con respecto a su media y varianza, lo que permitió utilizar de la misma manera las distintas series. Además, cuando fue necesario, las series se desestacionalizaron con el método X-12 ARIMA.

Como se mencionó anteriormente, en Chile la inflación ha sido bastante fluctuante en el tiempo. Además, luego de un largo proceso, las tasas de inflación fueron reducidas desde valores superiores a 20% en la década de los ochenta 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 está 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 aún, 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.⁴ Sin embargo, en una etapa posterior utilizamos 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.

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),

GRÁFICO 1

Tasa de Inflación Anual en Chile



precios (desagregaciones de los índices de precios al consumidor y al por mayor), el mercado laboral (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 otras).⁵

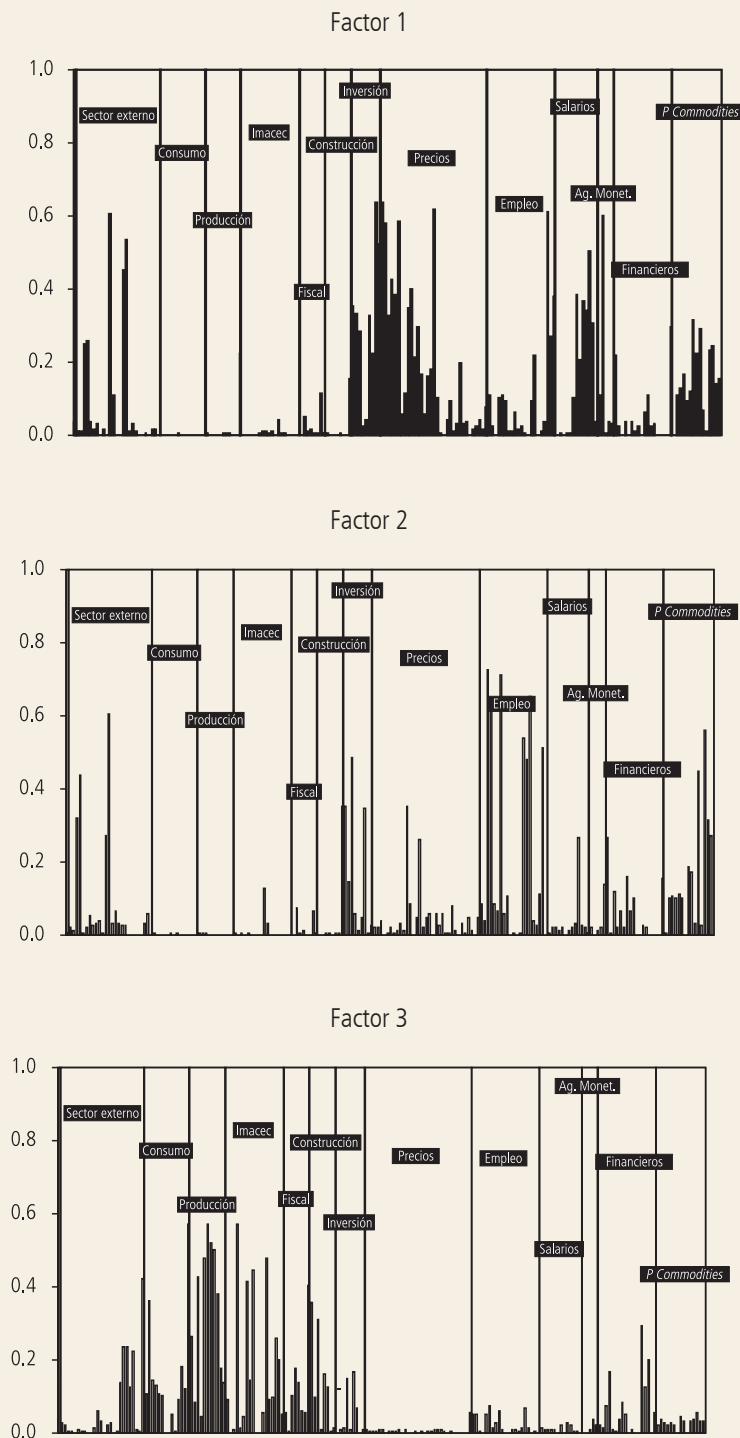
Como no todas las series están disponibles para el período completo, y la metodología de componentes principales utilizada para el cálculo de los factores requiere que las bases de datos estén completas, se efectuaron tres tipos de estimaciones: balanceadas, no balanceadas y apiladas o *stacked*. En el primer caso se utilizan solo variables que estén disponibles para el período completo de estimación. En el segundo, las variables con observaciones no disponibles, se completan (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 completadas las variables, se procede a reestimar los factores en un proceso que, luego de varias iteraciones, 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.

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

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

⁵ La lista de variables utilizadas se encuentra disponible con los autores.

R² de Regresiones entre Factores y Variables Usadas para su Estimación



Es posible calcular un número arbitrario de factores, por lo que solo determinamos el número apropiado a utilizar en el ejercicio de proyecciones.⁶ 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 del problema de identificación, dado que el estimador es coherente 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, pues estos no coinciden necesariamente con las fuerzas que están tras el ciclo económico. Sin embargo, una combinación de ellos sí lo estará y por lo tanto puede ser útil analizar cómo se correlacionan estos con el grupo completo de variables utilizadas.

El gráfico 2 presenta los R² de los primeros tres factores y las distintas variables que componen la muestra, agrupadas de acuerdo con la clasificación antes señalada. Un R² alto indica 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 estudios previos, este factor

⁶ 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 permitido en primera instancia seguir un enfoque simple.

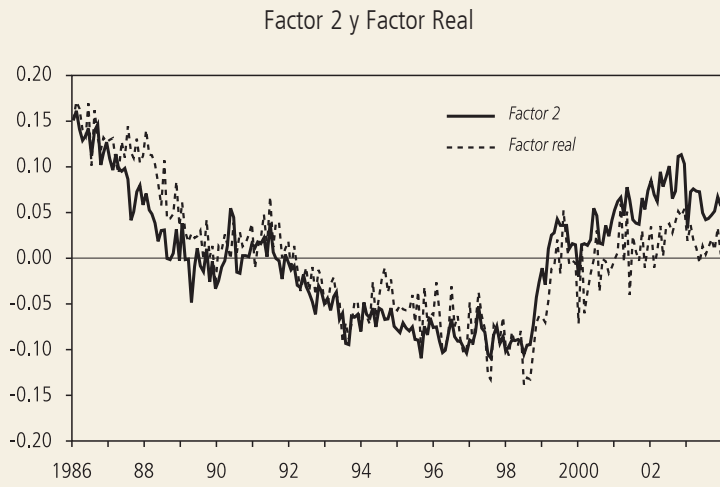
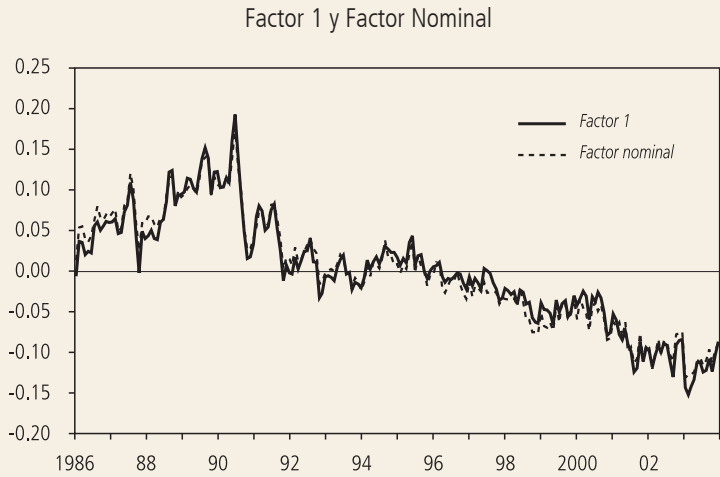
podría interpretarse como un factor nominal. El segundo factor está correlacionado principalmente con variables de actividad y con medidas de empleo. Al estar relacionado principalmente con variables de este tipo, podría ser definido como un factor real. Finalmente el factor tres parece estar correlacionado en mayor medida con variables de actividad.

A fin de corroborar la posible asociación de ciertos factores con variables nominales o reales, se procedió a dividir la muestra de acuerdo con dicho criterio y se calcularon grupos de factores a partir de dos submuestras: la primera relacionada con variables nominales, tales como salarios nominales y precios, y la segunda con variables de actividad entre otras variables reales. Los resultados muestran que el factor principal del conjunto 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 en cuanto a la caracterización nominal o real de los factores llevada a cabo en el párrafo anterior (ver gráfico 3).

Adicionalmente, resulta útil examinar la evolución dinámica de los primeros tres

GRÁFICO 3

Relación entre Factores Estimados con la Muestra Completa y Factores Estimados en Base a Submuestras

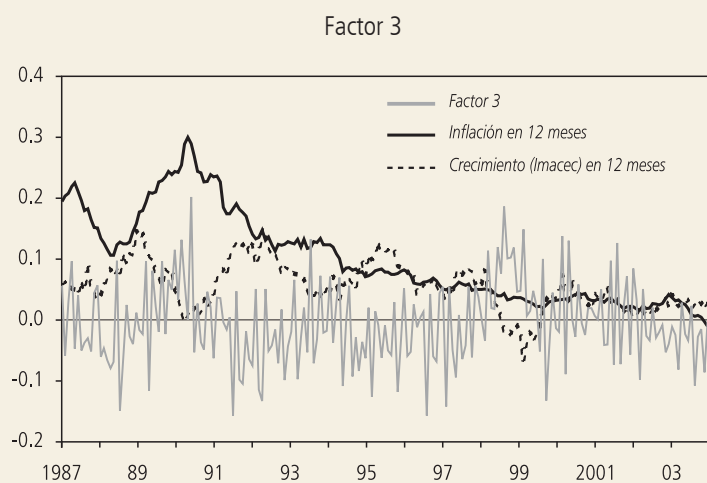
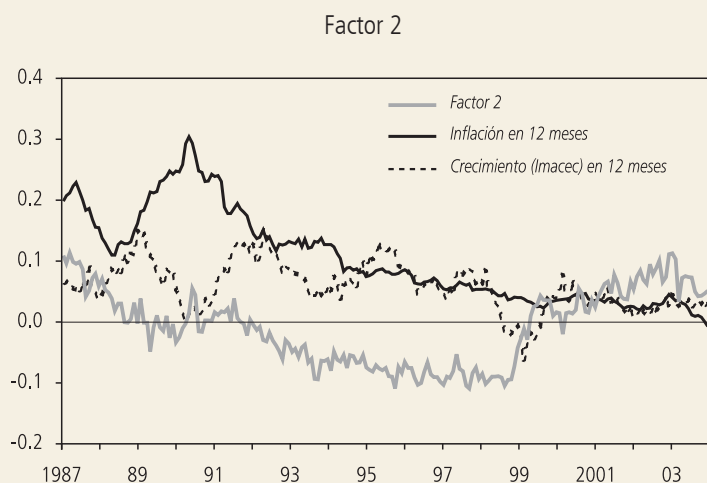
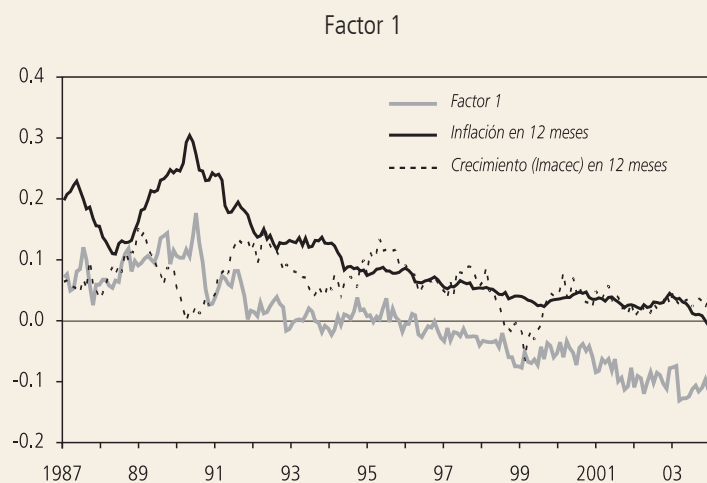


CUADRO 1				
Correlaciones entre Factores e Inflación y Crecimiento a Distintos Horizontes				
	Horizonte	F1	F2	F3
Inflación	6	0.82	0.17	0.05
	9	0.86	0.21	0.03
	12	0.88	0.24	0.01
Crecimiento	6	0.33	0.03	-0.15
	9	0.39	0.06	-0.17
	12	0.45	0.08	-0.13

CUADRO 2					
Correlaciones entre Factores Estimados en Base a Variables Reales y Nominales, e Inflación y Crecimiento a Distintos Horizontes					
	Horizonte	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

GRÁFICO 4

Factores e Inflación y Crecimiento (Imacec)



factores y la de la inflación y del crecimiento en el Indicador Mensual de Actividad Económica (Imacec) (gráfico 4). 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, en cambio, presenta un fuerte ajuste entre 1998 y 1999, lo que corrobora la fuerte correlación entre este factor y las series de actividad, las cuales experimentaron un fuerte ajuste en ese período. Se presentan también las correlaciones entre los factores y la inflación y el crecimiento futuro a seis, nueve y doce meses (cuadro 1). Los resultados muestran que el primer factor se correlaciona en 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.

En cuanto a las correlaciones entre los factores calculados sobre la base de las dos submuestras de variables nominales y reales en relación con inflación y crecimiento, los resultados obtenidos son similares a los anteriores (cuadro 2). Sin embargo, en el caso del primer factor real las correlaciones tienen el mismo signo tanto para inflación como para crecimiento. Este hecho reafirmaría la conveniencia de estimar los factores sobre la base del conjunto 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 un impacto sobre variables tanto nominales como reales, por lo que la división de la muestra no separa

adecuadamente la información relacionada con uno u otro *shock* agregado.

IV. PROYECCIONES DE INFLACIÓN Y ACTIVIDAD

Esta sección analiza, 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, se procede a realizar proyecciones de inflación (π) 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)

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 coherente con nuestra apreciación teórica y con los resultados obtenidos de los tests de raíces unitarias para algunos subperíodos de la muestra.⁷ Se estiman cuatro variantes de esta ecuación a fin de evaluar la robustez de los resultados obtenidos. Un primer grupo de proyecciones se obtiene de la estimación de un modelo en el que solo se consideran factores contemporáneos. Un segundo grupo incluye solo factores contemporáneos y sus rezagos. Un tercer grupo de estimaciones incluye solo 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 se determina a través del criterio de información bayesiano. El modelo de proyección se estima para horizontes de tres, seis, nueve y doce meses con los tres tipos grupos de información disponibles: balanceados, no balanceados y *stacked*.

Con el fin de 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 (cuadro 3) indican que el uso de factores reduce de manera significativa los errores cuadráticos medios con respecto al modelo autorregresivo en el caso del IPC. El cuadro presenta la razón entre el ECM de la mejor especificación y el de un modelo autorregresivo no restringido. También presenta 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, y al igual que en estudios previos, solo 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 utilizan, en general, al menos un rezago de inflación, mientras que no utilizan rezagos de factores.

Tal como se mencionó, 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. Entre otros, Valdés (1998) argumenta fuertemente a favor de modelar la evolución de la inflación en relación con la meta de inflación. Esta estrategia permite, adicionalmente, lidiar con potenciales problemas de suponer 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)

⁷ 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, sin encontrar mejores resultados en términos de la bondad de las proyecciones.

CUADRO 3

Resultados de 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

CUADRO 4

Resultados de 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

CUADRO 5

Resultados de 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	>=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

Un resultado inmediato de esta estrategia es que el proceso autorregresivo mejora significativamente, lo que se traduce en una disminución en las razones entre los errores cuadráticos medios para los distintos horizontes de proyección (cuadro 4). En general, la relación entre los ECM es cercana a 1. La única excepción es la proyección a doce meses, la que no obstante se compara con un mejor resultado del proceso autorregresivo, muestra una menor relación entre su ECM y el de este 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 estas necesariamente relacionadas con las restantes series.⁸ Para corregir por este hecho, obtuvimos un nuevo grupo de factores eliminando las tasas de interés del cálculo de estos.⁹ Los resultados indican que la capacidad predictiva tendería a aumentar para la mayoría de los horizontes considerados (cuadro 5), lo que implica que la forma que tome el conjunto de variables observables que se utilice puede tener una influencia importante en la calidad de las proyecciones.

⁸ Boivin y Ng (2003) demuestran que el uso de submuestras mejora los resultados de proyección.

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

CUADRO 6

**Resultados de 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	>=1	0	0.025
6	0.70	0.20	1	>=1	0	0.068
9	0.66	0.26	1	0	0	0.119
12	0.42	0.25	6	0	0	0.293

Es importante notar que el número 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 irregularidad en los datos.

Terminamos esta sección analizando los efectos que tiene sobre la capacidad predictiva el 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 tres, seis, nueve y doce meses con los factores estimados, sin incluir tasas de interés.¹⁰ Nuestros resultados indican que el poder predictivo de las proyecciones de actividad supera el de las proyecciones que emergen de modelos autorregresivos para el Imacec (cuadro 6). Nuevamente, a mayores horizontes, el poder predictivo de nuestros modelos factoriales aumenta significativamente con relación al modelo AR. En este caso, y para algunos horizontes, las mejores proyecciones utilizan una mayor cantidad de factores que las proyecciones de la inflación.

V. CURVA DE PHILLIPS Y FACTORES

Una forma alternativa de usar los factores consiste en introducirlos en algún tipo de estimación estructural de la variable a proyectar y analizar cómo se ven afectados los resultados de la proyección. 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:

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

donde \hat{U} corresponde a la brecha de 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 en que otros “factores” puedan estar afectando la evolución de la inflación y que estos no estén reflejados en esta medida de brecha, el uso de los factores obtenidos a partir del método de Stock y Watson (1998) puede incrementar el poder predictivo de esta relación. Más aun, en la medida en que estos factores aporten información relevante respecto de la evolución futura de la brecha de producto —y por lo tanto de la inflación—, se pueden lograr importantes mejoras 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)

¹⁰ Se hicieron proyecciones con los factores sin ajustar, pero los resultados fueron inferiores.

CUADRO 7

Resultados de 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	>=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

Nuestros resultados indican en primer lugar que una curva de Phillips mejora los resultados del ejercicio de proyección en relación con los modelos autorregresivos solo para los horizontes de nueve y doce meses. Por su parte, una curva de Phillips aumentada con factores exhibe mejor poder predictivo, según 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 (cuadro 7). Es posible apreciar que en estos dos casos solo un factor reemplaza el 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 mantiene como la principal variable que entrega información sobre actividad económica en las proyecciones de inflación.

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 mejoras 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 dichos estudios se comprueba que, al igual que en el presente trabajo, los resultados tienden a mejorar

CUADRO 8

Comparación de Resultados con otros Estudios

Relación entre EMC 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. (2003)	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.

mientras más largo es el horizonte de proyección (cuadro 8). En la proyección de la actividad económica —que en ciertos casos corresponde al crecimiento de la producción industrial—, nuestros resultados para un horizonte de doce meses se comparan positivamente con el resto de los estudios, mientras para las proyecciones de inflación nuestros resultados se acercan al promedio de las ganancias obtenidas en ellos. De todas formas, una evaluación más completa debería tener en cuenta la variabilidad relativa de las series a proyectar y cómo 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.

Finalmente, el uso de esta metodología no está restringido a la obtención de proyecciones de inflación. Tal como ha sido documentado por Bernanke y Boivin (2003), el análisis factorial dinámico puede ser utilizado para mejorar el entendimiento respecto de 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 de los mecanismos de transmisión de la política monetaria en este marco.¹¹

¹¹ Ver Justiniano (2002) y Bernanke, Boivin, y Eliaz (2004).

REFERENCIAS

- Angelini, E., J. Henry y R. Mestre (2001). “Diffusion Index-based Inflation Forecasts for the Euro Area.” Documento de Trabajo N°61, Banco Central Europeo.
- 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: 525-46.
- Bernanke, B., J. Boivin y P. Eliaz (2004). “Measuring the Effects of Monetary Policy: A Factor Augmented Vector Autoregressive (FAVAR) Approach.” NBER Working Paper N°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.
- Gosselin, M. y G. Tkacz (2001). “Evaluating Factor Models: An Application to Canadian Inflation.” Working Paper N°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*, Minneapolis: Federal Reserve Bank.
- Stock, J. y M. Watson (1998) “Diffusion Indexes.” NBER Working Paper N°6702.
- Stock, J. y M. Watson (2002) “Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes.” *Journal of Business & Economic Statistics* 20(2): 147-62.
- Valdés, R. (1998) “Efectos de la Política Monetaria en Chile.” *Cuadernos de Economía* 104: 97-125.