

*Enfoque metodológico para un modelo
de pronósticos de alta frecuencia
para la economía mexicana*

LAWRENCE R. KLEIN
ALFREDO COUTIÑO*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enfoca a explicar y desarrollar la metodología para la construcción de un modelo de pronósticos de alta frecuencia. Es decir, plantea el enfoque metodológico que utiliza la técnica econométrica de los modelos de alta periodicidad o también llamados “modelos del trimestre corriente”.

El uso y desarrollo extensivo de la metodología econométrica de alta frecuencia se inicia a finales de los años ochenta y principios de los noventa en la Universidad de Pensilvania, bajo la dirección del economista estadounidense y Premio Nobel de Economía 1980, Lawrence R. Klein. Dicha metodología surge como un avance tecnológico en el terreno de la

Manuscrito recibido en octubre de 2003; aceptado en junio de 2004.

* Lawrence R. Klein es profesor emérito en la University of Pennsylvania y recibió el Premio Nobel de Economía en 1980, <lrk@ssc.upen.edu>. Alfredo Coutiño es director del Center for Economic Forecasting of Mexico (CKF) en Filadelfia, Pensilvania, Estados Unidos, <acoutino@att.net>. Los autores agradecen los comentarios de dos dictaminadores anónimos.

econometría aplicada y como una respuesta a las exigencias del mercado por instrumentos econométricos que permitan monitorear a la economía en el muy corto plazo.

Un modelo de pronósticos de alta frecuencia se define como un sistema de relaciones puramente econométrico y que funciona sin la intervención subjetiva del economista en la determinación de supuestos arbitrarios o condiciones iniciales. La metodología combina información de alta periodicidad (frecuencia), ecuaciones de series de tiempo y análisis de regresión. El modelo fue originalmente definido para anticipar el producto interno bruto (PIB) trimestral de Estados Unidos antes de su publicación oficial por parte de las autoridades.

La metodología se basa en la estimación del PIB a través de tres enfoques independientes: producción, gasto y por componentes principales. Es decir, utiliza el mismo enfoque de las cuentas nacionales para la determinación de la producción de bienes y servicios de demanda final en una economía abierta.

En la explicación de la metodología de alta frecuencia para la construcción del modelo del PIB del trimestre corriente, este documento hace una breve revisión bibliográfica de los trabajos pioneros de Klein en la materia, y de algunos otros trabajos que en la actualidad existen. Enseguida, analizamos la metodología general y la propuesta a utilizar para el caso específico de la economía mexicana, en sus tres enfoques particulares. Por último, presentamos algunas conclusiones de carácter general.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Hasta finales de los años cincuenta, la información sobre las cuentas nacionales y las cuentas sociales se encontraba disponible únicamente en términos anuales en prácticamente todos los países, lo cual, a su vez, determinaba que los modelos econométricos fueran de periodicidad anual. Es hasta principios de los sesenta cuando algunos países industrializados comienzan a generar bases de datos trimestrales, lo cual más tarde daría

origen a los modelos econométricos de mayor periodicidad, en este caso trimestrales.

Hoy día, el flujo de información económica y financiera es prácticamente continuo o en tiempo real, lo cual facilita la elaboración de modelos de más alta frecuencia o de alta periodicidad en la información. De esta forma, podemos clasificar a los modelos econométricos anuales como de *baja frecuencia* y a los de más alta periodicidad como de *alta frecuencia*.

Uno de los trabajos pioneros en la elaboración de modelos de mayor frecuencia lo constituye el modelo trimestral de la Wharton Econometrics, dirigido por Lawrence Klein y construido a principios de los setenta. En ese entonces, el modelo trimestral era usado para generar las condiciones iniciales para el modelo anual. Es decir, el modelo trimestral generaba los pronósticos para los dos primeros años y el modelo anual era forzado a tomar esos valores estimados para el corto plazo, a partir de allí el modelo anual generaba sus propios pronósticos para el más largo plazo.

Un enfoque diferente fue presentado por Liu y Hwa en 1974.¹ Ellos utilizaron series mensuales para interpolar datos trimestrales de las cuentas nacionales y de allí elaboraron un sistema de cuentas totales con periodicidad mensual. Con base en ello, construyeron un modelo macro mensual para Estados Unidos.

Otros desarrollos continuaron hacia finales de los años setenta y a lo largo de la década de los ochenta en el campo del uso de la información de alta frecuencia para pronósticos. Entre ellos podemos citar:

- a) El modelo econométrico mensual de la Reserva Federal para estimar y predecir el producto nacional mensual
- b) El desarrollo de los modelos VAR y VARMA que dan origen al modelo de alta frecuencia de la Universidad de Michigan
- c) Por supuesto el modelo de la Universidad de Pennsylvania, el cual combina ecuaciones de series de tiempo con análisis de regresión, y que inicia hacia finales de los ochenta

¹ Liu y Hwa (1974), mencionado también por Klein y Park (1993).

Un trabajo más reciente lo constituye el de Payne² para el Departamento de Comercio de Estados Unidos, el cual intenta predecir el crecimiento del PIB en anticipación al anuncio oficial del Buró de Análisis Económico (BEA). Dicho estudio se basa también en el uso de información de alta periodicidad enlazada a los componentes trimestrales de la demanda agregada. Es decir, estima el PIB únicamente por el lado del gasto. Aunque un procedimiento similar podría ser usado también para estimar el PIB por el lado del ingreso o de la producción.

La idea inicial en el modelo de la Universidad de Pensilvania³ se refería a la combinación de información de alta y baja frecuencia en modelos macroeconómicos. Este enfoque estaba basado en el uso de información mensual para estimar componentes trimestrales de las cuentas nacionales. Es decir, pretendía establecer un enlace entre modelos de corto y más largo plazos. Este método considera dos tipos de variables que dan origen a dos tipos de ecuaciones. Los dos tipos de variables son: indicadores mensuales y componentes trimestrales de las cuentas nacionales. Los dos tipos de ecuaciones son: *ecuaciones ARIMA* para los indicadores mensuales, y *ecuaciones puente* para establecer el enlace entre los indicadores mensuales y los componentes trimestrales. De tal forma que, este método puede utilizarse para estimar el PIB tanto por el lado del gasto como por el del ingreso; es decir, el enfoque de las cuentas nacionales.

Esta idea desarrollada por Klein hacia finales de los ochenta, constituye una de las partes centrales del modelo de pronósticos de alta frecuencia para la economía de Estados Unidos, también llamado “modelo del trimestre corriente” de la Universidad de Pensilvania. Dicho modelo se encuentra vigente desde inicios de los noventa y genera pronósticos o actualizaciones semanales del PIB del trimestre corriente para Estados Unidos.

² Payne (2000).

³ Klein y Sojo (1989).

El modelo actual de Klein, Current Quarter Model (CQM)⁴, permite estimar o anticipar el PIB trimestral a través de tres enfoques diferentes: ingresos, gastos y por componentes principales de indicadores mensuales. Los dos primeros enfoques siguen la metodología de las cuentas nacionales a través del uso de indicadores mensuales para obtener los subagregados trimestrales del PIB. El tercer método se basa en la técnica estadística de extracción de los componentes principales de un conjunto de variables mensuales altamente correlacionadas con el PIB. El modelo combina información de alta frecuencia, ecuaciones de series de tiempo y análisis de regresión. A través de los tres enfoques anteriores se obtienen tres diferentes estimados del PIB trimestral, los cuales se promedian para obtener un estimado final.

Los detalles de cada uno de los tres enfoques se presentan en la siguiente sección metodológica. Aunque para el caso de México se utiliza el enfoque de la producción (valor agregado) en lugar del enfoque del ingreso, debido a la ausencia de estadísticas trimestrales del ingreso. Sin embargo, la metodología general es la misma.

ENFOQUE METODOLÓGICO

Marco macroeconómico

La producción total de bienes y servicios de demanda final en una economía es conocida como el producto interno bruto (PIB). Dicha medición de la producción total en la economía está expresada en la identidad macroeconómica fundamental:⁵

$$\text{PIB} = C_p + C_g + I + \Delta S + X - M$$

⁴ Klein y Park (1993); Klein y Park (1995).

⁵ Dornbusch y Fisher (1990); Rivera-Bátiz (1994); Krugman y Obstfeld (1994).

donde C_p es el consumo privado, C_g es el consumo público, I representa la inversión bruta, ΔS es el cambio en inventarios y $X-M$ son las exportaciones netas.

Esta identidad macroeconómica indica que el producto total generado en la economía es igual a la absorción total. La identidad también puede ser expresada en términos de las remuneraciones a los factores productivos. Es decir, el producto total de una economía es agotado por el pago a los factores de la producción, lo cual constituye el enfoque del ingreso.

En términos macroeconómicos, podemos decir que la identidad fundamental da origen a tres enfoques diferentes para el cálculo de la producción total en la economía: producción o valor agregado, ingreso y gasto. Esta metodología macroeconómica también es conocida como el enfoque de las cuentas del ingreso nacional o cuentas nacionales.

a) El enfoque de la producción o valor agregado

Este enfoque calcula el PIB a través del valor agregado en cada sector productivo de la economía o en cada etapa de la producción. Es decir, a través de la oferta productiva sectorial de destino final.

Para el cálculo del valor agregado, las cuentas nacionales toman el valor bruto de la producción total y le descuentan el valor de los bienes o insumos intermedios, para evitar la doble contabilidad en el producto final.

$$\text{PIB (valor agregado)} = \text{Producción bruta} - \text{Consumo intermedio}$$

b) El enfoque del ingreso

Este método estima el valor de la producción total de bienes y servicios finales como la suma de todos los pagos a los factores que intervienen en el proceso productivo. Es decir, el valor total de la producción es distribuido a través del ingreso recibido por cada factor de la producción.

En términos generales, se puede decir que los factores originales que intervienen en la producción son el trabajo, el capital y la tierra, de tal

manera que las cuentas nacionales también calculan el valor del PIB a través de la suma del pago que reciben los trabajadores (W), el pago a los propietarios del capital (P), las rentas pagadas a los propietarios de la tierra (R), los pagos de interés (In), más los impuestos indirectos netos de subsidios (Tx).

$$\text{PIB} = W + P + R + \text{In} + \text{Tx}$$

c) El enfoque del gasto

Dicho enfoque estima el producto total a través de la suma de todos los gastos finales que se realizan en la economía. Es decir, la suma de todas las compras de la producción nacional que realizan tanto residentes nacionales como extranjeros. La suma de todos estos gastos también es conocida como la absorción total de la economía.

El gasto total o absorción de la economía es igual a la suma del gasto que realiza el sector privado en bienes de consumo final (Cp), el gasto en consumo del sector público (Cg), el gasto en inversión bruta tanto público como privado (I), el cambio en inventarios (ΔS), el valor de las exportaciones de bienes y servicios (X), menos el valor de las importaciones de bienes y servicios (M).

$$\text{PIB} = C_p + C_g + I + \Delta S + X - M$$

Marco del modelo

La metodología propuesta para el modelo de pronósticos de alta frecuencia, para la estimación del PIB trimestral, está basada también en tres enfoques diferentes. Los primeros dos, provienen del marco macroeconómico de las cuentas nacionales: la producción y el gasto.⁶ El tercero, proviene del método estadístico de los componentes principales. Con estos tres

⁶ La ausencia de estadísticas trimestrales para el PIB por el lado del ingreso, en el caso mexicano, nos obliga a utilizar el enfoque de la producción y el del gasto, a diferencia del caso estadounidense en donde los enfoques usados son el del ingreso y el del gasto.

métodos se obtienen tres estimados diferentes del PIB, los cuales se promedian para obtener un estimado final.

Tanto el método de la producción como el del gasto, siguen la misma metodología utilizada por el sistema de cuentas nacionales para el cálculo del PIB. Es decir, intentamos utilizar los mismos indicadores mensuales que los estadísticos encargados de las cuentas nacionales utilizan para estimar cada componente trimestral del PIB. Así, el modelo de pronósticos de alta frecuencia intenta replicar la metodología de las cuentas nacionales (en dos de sus tres enfoques), para anticipar el PIB trimestral utilizando información de alta periodicidad (en este caso mensual).

El método a utilizar tanto para el enfoque de la producción como el del gasto, está basado en dos conjuntos de variables que dan origen a dos tipos diferentes de ecuaciones. El primer conjunto de variables son los indicadores mensuales (I_{it}), que son los mismos o similares a los usados por las cuentas nacionales para estimar los componentes trimestrales del PIB. El segundo conjunto de variables son los componentes trimestrales del PIB (N_{iT}).

Los indicadores mensuales I_{it} , dan origen al primer conjunto de ecuaciones que son del tipo ARIMA y que se utilizan para obtener los valores futuros de dichos indicadores mensuales.

$$I_{i,t} = \alpha_{i1} I_{i,t-1} + \alpha_{i2} I_{i,t-2} + \dots + \alpha_{ik} I_{i,t-k} + \beta_{i1} e_{i,t-1} + \dots + \beta_{ik} e_{i,t-k}$$

Los valores mensuales estimados se trimestralizan a través del promedio aritmético para poder ser enlazados a los componentes trimestrales del PIB.

El segundo conjunto de variables, que son los componentes trimestrales, dan origen al segundo tipo de ecuaciones, las cuales son llamadas “ecuaciones puente”. Las ecuaciones puente sirven para enlazar los indicadores mensuales trimestralizados a los componentes trimestrales de las cuentas nacionales.

$$N_{iT} = \alpha_i + \beta_i I_{iT} + \varepsilon_{iT}$$

donde I_{iT} es el indicador mensual trimestralizado que se usa en la determinación del componente trimestral del PIB (N_{iT}).

De esta forma podemos establecer la correspondencia entre los indicadores mensuales y los correspondientes componentes trimestrales del PIB, de la misma manera que lo hacen los estadísticos que elaboran las cuentas nacionales.

Si utilizamos la ecuación puente en términos porcentuales, y si el indicador mensual usado es el mismo que utilizan las cuentas nacionales, entonces podemos esperar que $\alpha_i=0$ y $\beta_i=1$. Es decir, el cambio porcentual en I_{iT} debe explicar el cambio porcentual total en N_{iT} .

Por supuesto, en la aplicación de estos dos enfoques macroeconómicos (producción y gasto), necesitamos seleccionar los mismos indicadores mensuales que utilizan las cuentas nacionales, o bien indicadores similares. Al final obtenemos dos estimaciones diferentes del PIB a través de estos dos enfoques.

El tercer enfoque del modelo utiliza el método estadístico de los componentes principales. Este método se basa en la idea de que teniendo un conjunto de variables estratégicas y altamente correlacionadas con el PIB, podemos extraerle las principales fuentes de variación independientes, que son los componentes principales. Es decir, dado un conjunto original de indicadores, podemos construir un conjunto de variables que son combinaciones lineales mutuamente no correlacionadas y que explican la variación total del conjunto inicial. Así, podemos usar este conjunto de componentes principales como variables explicativas en la regresión del PIB.

En la aplicación del método de los componentes principales se utilizan dos tipos de ecuaciones. Las primeras están dadas por el vector de componentes principales extraídos del conjunto original de indicadores estratégicos. La segunda ecuación es la regresión del PIB en función de los componentes principales.

Con respecto al primer conjunto de ecuaciones, los componentes principales, supongamos que tenemos un conjunto original de variables explicativas (X_1, X_2, \dots, X_k) altamente correlacionadas con el PIB, de las cuales

deseamos encontrar sus principales fuentes de variación independientes o componentes principales. El método de los componentes principales permite precisamente definir un vector de funciones lineales (Z_i) de las variables originales (X_k) que capturan la mayoría de su variabilidad.⁷

$$Z_i = a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ik} X_k$$

En donde las a 's son seleccionadas de tal forma que las varianzas de las Z 's son maximizadas. En otras palabras, el método de los componentes principales encuentra el vector de Z 's, que son combinaciones lineales mutuamente no correlacionadas o independientes y que poseen la máxima varianza. Así, Z_1 es el primer componente principal con la más alta varianza, Z_2 es el segundo componente principal con la siguiente varianza más alta (pero no correlacionada con Z_1), y así sucesivamente.

El segundo tipo de ecuación en el modelo de componentes principales, expresa la relación entre el PIB trimestral y los componentes principales (PC) extraídos del conjunto de indicadores originales.

$$\text{PIB}_t = f(\text{PC}_i)$$

Es importante mencionar que el conjunto de indicadores originales tienen una periodicidad mensual, lo que determina que los componentes principales sean también mensuales, por lo que se necesita trimestralizarlos para poder enlazarlos a la función del PIB trimestral.

Con esta tercera ecuación del PIB, obtenemos una tercera estimación trimestral, la cual se promedia con las dos estimaciones que se obtienen tanto del enfoque de la producción como el del gasto, para dar origen al estimado final del PIB trimestral.

Es de notar que en este caso usamos datos mensuales, estimamos componentes principales mensuales, y después los promediamos para usar-

⁷ Maddala (1992); Dhrymes (1970); Greene (1997).

los en la regresión trimestral. Alternativamente, podemos primero trimestralizar los indicadores mensuales, encontrar los componentes principales trimestrales, y después estimar la regresión.

CONCLUSIONES

La metodología del modelo de alta frecuencia permite el cálculo del PIB trimestral a través de tres enfoques diferentes: la producción, el gasto, y por componentes principales. Estos tres enfoques diferentes, generan tres estimados independientes del PIB trimestral, los cuales se promedian para obtener un estimado final.

La metodología descrita combina el uso de información de alta frecuencia, ecuaciones de series de tiempo y análisis de regresión, y permite anticipar el PIB trimestral mucho antes de su publicación oficial por parte de las autoridades.

Dado que la metodología utilizada genera un sistema mecánico de relaciones econométricas, ello evita la intervención subjetiva del economista en la elaboración de supuestos arbitrarios o condiciones iniciales de pronóstico.

Puesto que dicha metodología está basada en el marco macroeconómico de las cuentas del ingreso y gasto nacional, es entonces susceptible de ser adaptada a cualquier país que cuente con al menos un sistema de cuentas nacionales trimestrales y con información mensual de indicadores líderes relacionados con la actividad productiva y los mercados financieros.

Finalmente, en la medida en que se dispone de nueva información (cada mes), la base de datos se actualiza y revisa inmediatamente para generar nuevas proyecciones que pueden mejorar la precisión del modelo.

BIBLIOGRAFÍA

Dhrymes, P.J., *Econometrics, Statistical Foundations and Applications*, Nueva York, Harper y Row, 1970.

- Dornbusch, Rudiger y Stanley Fischer, *Macroeconomics*, Nueva York, 5a. ed., McGraw Hill, 1990.
- Greene, W.H., *Econometric Analysis*, Nueva Jersey, 3a. ed., Prentice Hall, 1997.
- Klein, L.R., "An Essay on the Accuracy of Economic Prediction", Universidad de Pensilvania, mimeo, 1999.
- Klein, L.R. y Alfredo Coutiño, "A High-Frequency Model for the Mexican Economy", Ciemex-Wefa, Inc., julio, 1999. Reeditado en: *Essays on Macroeconomic Aspects of Mexico*, México, Instituto Lucas Alamán de Estudios Económicos, noviembre, 2000.
- Klein, L.R. y J.Y. Park, "The University of Pennsylvania Model for High-Frequency Economic Forecasting", *Economic and Financial Modeling*, Autum, 1995, pp. 95-146.
- , "Economic Forecasting at High-Frequency Intervals", *Journal of Forecasting*, vol. 12, 1993, pp. 301-319.
- Klein, L.R. y E. Sojo, "Combinations of High and Low Frequency Data in Macroeconometric Models", en Klein y Marquez (eds.), *Economics in Theory and Practice: An Eclectic Approach*, Dordrecht, Kluwer, 1989, pp. 3-16.
- Krugman, Paul y Maurice Obstfeld, *International Economics*, Nueva York, 3a. ed., Harper Collins, 1994.
- Liu, T.C. y Hwa, E.C., "A Monthly Model of the US Economy", *International Economic Review*, núm. 15, 1974, pp. 328-365.
- Maddala, G.S., *Introduction to Econometrics*, Nueva York, 2a. ed., MacMillan, 1992.
- Obstfeld, Maurice y Kenneth Rogoff, *Foundations of International Macroeconomics*, Cambridge, MA, The MIT Press, 1996.
- Payne, David, "Predicting GDP Growth Before the BEA's Advance GDP Release", *Business Economics*, abril, 2000, pp. 54-63.
- Rivera-Batiz, Francisco y Luis Rivera-Batiz, *International Finance and Open Economy Macroeconomics*, Nueva York, 2a. ed., Macmillan Publishing Company, 1994.
- Stone, J.R.N., "On the Interdependence of Blocks of Transactions", *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, vol. VIII, parte 1, 1947, pp. 1-32.