

IMPORTANCIA DEL MODELO ARIMA EN EL PRONÓSTICO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO TRIMESTRAL DE MÉXICO

Juan Ruiz-Ramírez¹

Gabriela E. Hernández-Rodríguez²

Miriam de los Ángeles Díaz Córdoba³

RESUMEN

El modelo ARIMA se utiliza en todas las áreas donde se quiere conocer un valor futuro de la producción, de accidentes, etc. y en la planeación económica todo de país, se aplica para pronosticar el Producto Interno Bruto (PIB). El PIB trimestral es calculado por el INEGI y lo publica 42 días después del periodo que informa, afectando la toma de decisiones económicas en México, por lo que se plantea el objetivo de elaborar un modelo ARIMA que realice el pronóstico del PIB trimestral de manera oportuna y confiable. Con el software STATISTICA se generó la base de datos del PIB trimestral a precio de mercado de México. La serie de tiempo comprendió del primer trimestre de 1993, hasta el primer trimestre de 2010, y se utilizó para pronosticar el segundo trimestre del PIB nacional. En los resultados se obtuvo el valor pronosticado del PIB con el modelo ARIMA (3,1,2) para el segundo trimestre del año 2010 fue de 8'300,880 millones de pesos. Al compararlo con su correspondiente PIB real de 8,753,916, se obtuvo una diferencia del 5%; por lo que se concluye que el modelo de series de tiempo obtenido pronostica de manera eficiente el PIB trimestral de México.

Palabras clave: *Producto interno bruto, modelo ARIMA, pronóstico.*

¹ Dr. en Ciencias, Profesor de la Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana. Av. Xalapa s/n, esq. Manuel Ávila Camacho, 91020, Xalapa, Veracruz, México. jruizuv@gmail.com.

² Lic. en Economía, estudiante del Doctorado en Finanzas Públicas en la Universidad Veracruzana. gabyerendira@yahoo.com.mx

³ Doctora en Derecho Público, en Filosofía y en Ciencias de la Educación. Docente-Investigadora en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Veracruzana. Hermenegildo Galeana Esq. 7 de Noviembre s/n Col. Centro C.P. 91000. Xalapa, Veracruz, México. midiaz@uv.mx

ABSTRACT

The ARIMA model is used in all areas to forecast future values of production, of accidents, etc. and it is applied to forecast the gross domestic product (GDP) of any country. The quarterly GDP is calculated by the INEGI and published 42 days after the reporting period, affecting the economic decision-making in Mexico, which raises the objective of developing an ARIMA model to perform the quarterly GDP forecast of an opportune and reliable way. The STATISTICA software was used to generate a database of quarterly GDP at market prices in Mexico. The time series included the first quarter of 1993 to the first quarter of 2010, and was used to forecast the second quarter of GDP. The results obtained forecast value of GDP with ARIMA (3,1,2) for the second quarter of 2010 was 8'300, 880 million pesos. When compared with 8,753,916 for real GDP, obtained a 5% difference, so it is concluded that the model obtained time series efficiently forecast quarterly GDP of Mexico.

Key words: *Gross domestic product, ARIMA model, forecast*

INTRODUCCIÓN

El modelo autoregresivo integrado de medias móviles (ARIMA) es usado para pronosticar el valor futuro de la producción, de nacimientos, de la incidencia de una enfermedad, etc., motivo por el cual, ésta metodología estadística es útil en la toma de decisiones (Herrera y Hernández, 2002).

Los modelos ARIMA conocidos como modelos Autoregresivos de Medias Móviles (ARIMA) o modelos Box-Jenkins, se aplican a una serie de tiempo, la cual consiste en un conjunto de datos medidos en el pasado de la variable de interés, todos registrados en un mismo periodo de tiempo como puede ser mensual, trimestral, anual, entre otros.

La aplicación de esta metodología, consiste en averiguar si el modelo ARIMA (p,d,q) es estacional, o el modelo ARIMA (P,D,Q) en caso de que la serie no sea estacional, la selección del modelo es importante porque se requiere representar adecuadamente el comportamiento de la serie, con el fin de utilizarlo para obtener valores futuros (pronósticos) de dicha serie, para ello, se consideran las siguientes cinco etapas:

1. Análisis descriptivo
2. Identificación del modelo
3. Estimación de los parámetros
4. Validación del modelo
5. Predicción

En la planeación de toda empresa, institución o país, se requiere conocer el valor futuro de la producción, la tasa de desempleo, la tasa de crecimiento, el producto interno bruto o la característica que se desee investigar, para ello se utilizan los métodos de series de tiempo. La estimación de los parámetros tiene la finalidad de especificar completamente el modelo que se va a utilizar para la predicción de la serie. Esta etapa consiste en obtener los mejores estimadores posibles de dichos parámetros. Ahora corresponde encontrar los valores de los parámetros que sean los adecuados para

realizar la predicción. Dentro de éstos diversos métodos, se utiliza comúnmente el ARIMA (p,d,q), el cual está formado por el modelo autorregresivo AR(**p**), la Integración (**d**) y el modelo de Media Móvil (**q**), donde: **p** representa el orden autorregresivo del modelo, **d** representa la pendiente de la serie temporal (1, lineal; 2, cuadrática, etc.) y se utiliza para conocer el orden de las diferenciaciones para convertir la serie en estacionaria. **q** representa el orden del promedio móvil.

Se denomina Producto Interno Bruto o PIB al valor total de todos los bienes y servicios finales producidos en una economía en un periodo de tiempo definido y estimado en unidades monetarias. Por lo general, la estimación del PIB es anual o trimestral, pero puede calcularse para períodos más cortos o largos de tiempo dependiendo de la disponibilidad de información estadística y de la eficiencia de los organismos que se ocupan de su consolidación.

El PIB es considerado un indicador monetario de las realizaciones globales de la economía, porque integra las producciones intersectoriales del aparato productivo del país. En ese sentido, el cálculo del PIB mexicano integra las producciones de tres sectores (el sector agropecuario, el sector industrial y el sector de los servicios), todos y cada uno de ellos conformados a su vez por varias ramas de producción. La realidad estructural de cada sector genera en lo particular el diseño, aplicación y evaluación de políticas sectoriales acordes a la planeación nacional.

A su vez, la estimación monetaria del PIB exige una metodología particular para evitar el problema de la doble contabilización de bienes intermedios, que de no eliminarse generaría una sobreestimación del PIB con toda una serie de consecuencias graves para la Planeación Nacional, el diseño y aplicación de políticas macroeconómicas estructurales y coyunturales de carácter sectorial, que afectarían en sumo el buen desempeño del sistema económico.

Una de las preguntas más relevantes desde el punto de vista de política económica es cómo se espera sea el comportamiento de la producción agregada en el corto plazo. Para ello y también para conocer lo que sucede trimestre tras trimestre en la economía mexicana, se deben pronosticar indicadores económicos que sirvan para conocer si las

expectativas económicas se van cumpliendo a medida que transcurre el año. Debido a que el PIB es uno de los indicadores económicos más importantes para medir el poder económico de un país; es por ello que las entidades económicas en general, requieren implementar métodos para hacer pronósticos con la mayor precisión posible sobre su desempeño para permanecer y competir en el mercado. Por tal motivo, en la planeación de las políticas públicas, se requiere pronosticar el PIB trimestral real y esto se logra a través de la aplicación de métodos econométricos, conocidos como modelos del trimestre corriente.

En el caso de la República Mexicana, se presentan algunos problemas con la medición del Producto Interno Bruto trimestral y en la generación de impuestos, debido a que las estimaciones realizadas por el INEGI tienen un retraso de aproximadamente 42 días, lo que propicia que la toma de decisiones en Políticas Públicas no sean oportunas. Aunque Ruiz-Ramírez, Hernández-Rodríguez y Arce (2011) realizaron un estudio sobre el Pronóstico a corto y mediano plazo del Producto Interno Bruto Trimestral de México previo al presente estudio, no consideraron los aspectos importantes en la selección de los parámetros del modelo y no mencionaron el tamaño óptimo de la serie de tiempo. Por lo que el objetivo que se plantea es mostrar la importancia del modelo ARIMA en el pronóstico del Producto Interno Bruto Trimestral de México, que permita una mejor y más oportuna medición del esfuerzo económico y fiscal del país, con el fin de mejorar sus participaciones y aportaciones fiscales.

MODELO ARIMA

La serie de tiempo empleada se muestra en el cuadro 1 (Anexo), la cual correspondió a los datos trimestrales del Producto Interno Bruto nacional a precios de 1993, del periodo de 1993-2010, los cuales fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Las variables que conforman la base de datos son: Tiempo (trimestral) y el PIB (en millones de pesos).

La metodología estadística empleada, consistió en capturar la serie de tiempo de 69 trimestres del PIB, la cual cumple con la restricción de los modelos ARIMA de emplear 50 o más datos (Box y Jenkins, 1994) o mínimo 30, tal como lo requiere el software TRAMO/SEATS (Kikut *et al.*, 2002) utilizado en el Banco Central de España, aunque Ruiz-Ramírez y cols. (2013) obtuvieron que en el pronóstico del PIB trimestral requiera de al menos 13 datos para obtener un pronóstico confiable.

La serie de tiempo se analizó con el software STATISTICA versión 7 (McCallum, 1999) y se realizó un gráfico de dispersión con los datos del PIB y los trimestres de la serie, para mostrar su comportamiento, y de esta manera se observó si la serie de tiempo, presentaba estacionalidad en media y varianza, situación importante en el planteamiento del modelo de series de tiempo. También se calculó la media aritmética, los valores mínimo y máximo, así como la desviación estándar, de la serie de tiempo original y en las etapas al obtener los parámetros del modelo ARIMA, empleado comúnmente en modelación económica.

En la obtención del modelo econométrico que permitió hacer el pronóstico del PIB nacional del segundo trimestre de 2010, se aplicó la metodología de Box y Jenkins (1994), a través del modelo ARIMA, al cual se evaluaron los supuestos del modelo.

La predicción puede ser puntual o por intervalo. En la predicción puntual, para aplicar la metodología de Box y Jenkins, hemos debido transformar la serie original z_t , en el caso de que la serie no sea estacionaria, obteniendo la serie w_t , el interés de la predicción suele centrarse en la serie original, por este motivo y teniendo en cuenta el modelo ARIMA (p, d, q) se expresa de la manera siguiente:

$$Z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_{p+d} z_{t-d} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \dots - \theta_q u_{t-q}$$

PRONÓSTICO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO TRIMESTRAL

En la figura 1 se muestra el comportamiento del Producto Interno Bruto trimestral y se observa que la serie de tiempo no presenta estacionalidad en media y varianza.

En la construcción del modelo ARIMA con el software STATISTICA, se realizaron diferenciaciones y se seleccionó la que presentó menor desviación estándar. En el cuadro 2, se observa que después de haber aplicado a la serie una diferenciación la desviación estándar es de 264,008, pero cuando ya tiene dos y tres diferenciaciones, la desviación estándar tiende a aumentar considerablemente y es por eso que la serie que mejor se adapta es la de una diferenciación.

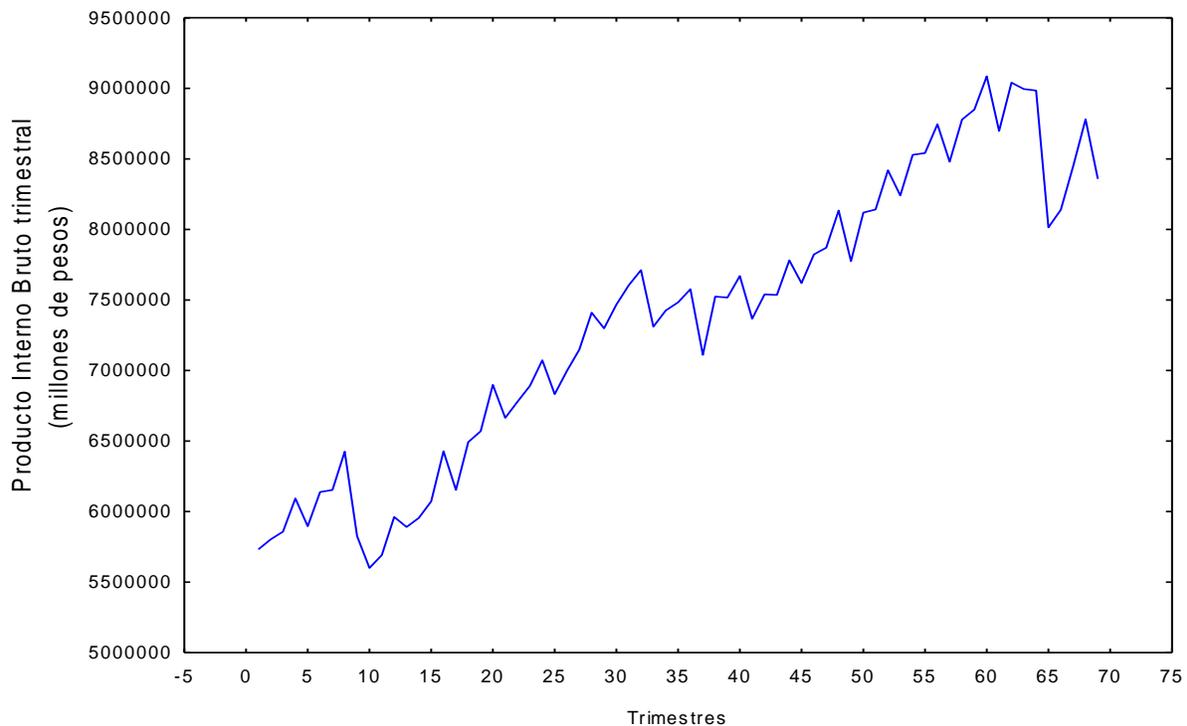


Figura 1. Comportamiento de la serie de tiempo del PIB trimestral del periodo de 1993-2010.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas del PIB y de las diferenciaciones realizadas a la serie de tiempo del periodo trimestral de los años 1993-2010.

| Variable | Media aritmética | Desviación Estándar | Valor mínimo | Valor máximo | n |
|--------------------|------------------|---------------------|--------------|--------------|----|
| PIB | 7361798 | 1013098 | 5599963 | 9085562 | 69 |
| PIB : D(-1) | 38616 | 264008 | -970265 | 412989 | 68 |
| PIB : D(-1); D(-1) | -7344 | 433307 | -959612 | 1095605 | 67 |

Fuente: Elaboración propia con los datos de la serie de tiempo del PIB trimestral de los años 1993-2010.

En las figura 2 y 3, se presenta la función de correlación muestral y la función de correlación muestral parcial, que son de utilidad para identificar el orden del modelo de la serie tiempo analizada. De la función de autocorrelación muestral (figura 2) se consideraron las bandas más grandes que son tres, de esta manera se obtuvo el modelo AR(3) y de la función de correlación parcial (figura 3) se consideraron sólo las dos bandas más grandes que representa el modelo MA(2). Al formar el modelo mixto con estos modelos, y al incluir la diferenciación igual a 1, se obtuvo el modelo ARIMA (3,1,2), al cual, al evaluarlo, éste cumplió con los ocho supuestos del modelo, los cuales son: la media de los residuales es igual a cero, varianza constante de los residuales, independencia de los residuales, normalidad de los residuales, observaciones aberrantes, el modelo es parsimonioso, el modelo es admisible y el modelo es estable.

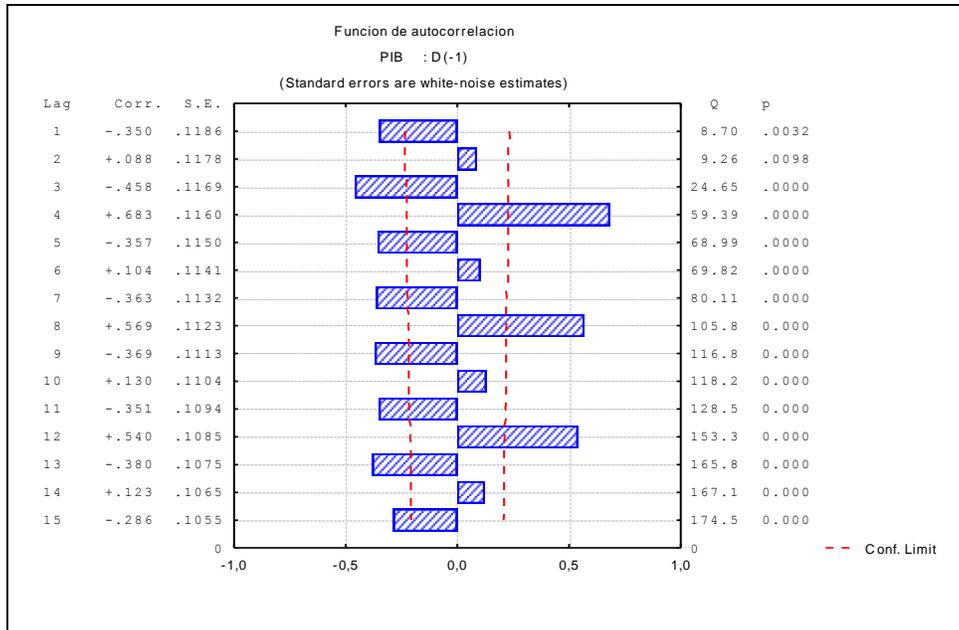


Figura 2. Función de autocorrelación muestral de la serie de tiempo del PIB trimestral del periodo de 1993-2010.

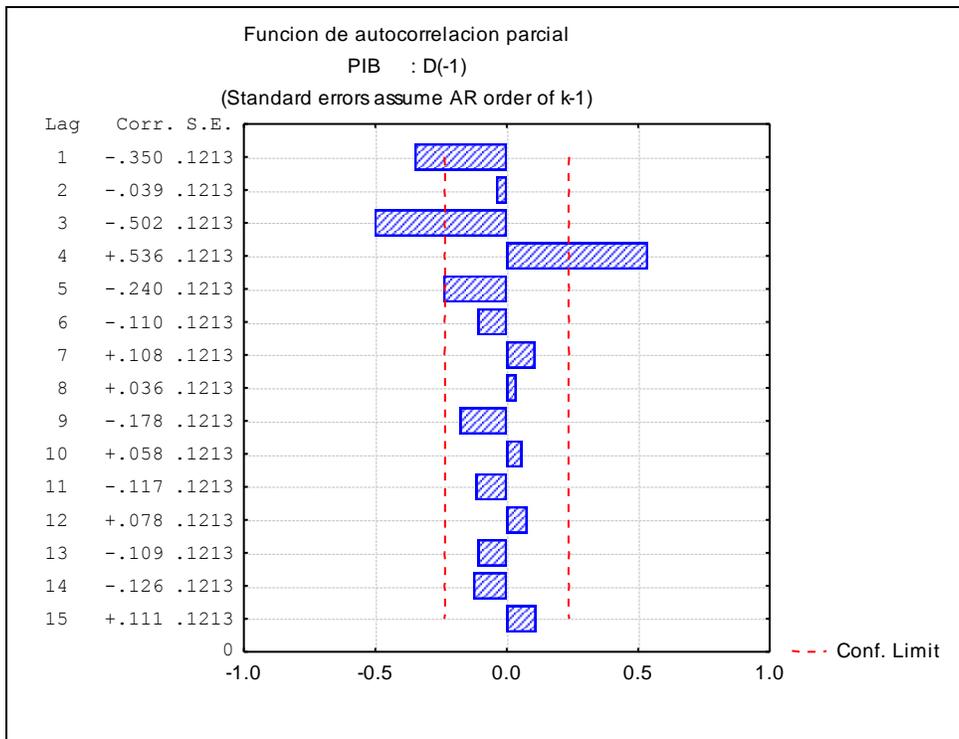


Figura 3. Función de autocorrelación muestral parcial de la serie de tiempo del PIB trimestral del periodo de 1993- 2010.

La estimación de los parámetros del modelo ARIMA(3,1,2) obtenidos a través del análisis con el software STATISTICA de la serie de tiempo trimestral del PIB del periodo 1993- 2010, se observan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Estimación de los parámetros del modelo ARIMA(3,1,2) obtenidos de la serie de tiempo del PIB trimestral de México.

| Input: PIB : D(-1) (Spreadsheet1 nueva) | | | | | | |
|-----------------------------------------|----------|------------------|----------------|----------|----------------|----------------|
| Transformations: D(1) | | | | | | |
| Model:(3,1,2) MS Residual= 3634E7 | | | | | | |
| Paramet. | Param. | Asympt. Std.Err. | Asympt. t(61) | p | Lower 95% Conf | Upper 95% Conf |
| Constant | 1108,988 | 10084,35 | 0,1100 | 0,912793 | -19055,9 | 21273,90 |
| p(1) | -0,958 | 0,07 | -12,8004 | 0,000000 | -1,1 | -0,81 |
| p(2) | -0,968 | 0,10 | -9,9275 | 0,000000 | -1,2 | -0,77 |
| p(3) | -0,939 | 0,07 | -13,5123 | 0,000000 | -1,1 | -0,80 |
| q(1) | -0,263 | 0,14 | -1,9113 | 0,060670 | -0,5 | 0,01 |
| q(2) | -0,380 | 0,19 | -2,0118 | 0,048658 | -0,8 | -0,00 |

Fuente: Elaboración propia, obtenidos con el STATISTICA y con los datos del cuadro 1.

Ajuste del modelo:

$$z_t = 1108.988 + 0.958z_{t-1} - 0.968z_{t-2} - 0.939z_{t-3} + 0.263u_{t-1} + 0.380u_{t-2} \dots (1)$$

Los pronósticos de la tasa de crecimiento se pueden realizar a través de los modelos econométricos o al aplicar “Encuestas de expertos”, tal como lo realiza el Banco de México.

En el cuadro 4 se presentan los resultados del pronóstico del PIB a precio de mercado de México, correspondiente al segundo trimestre de 2010, obtenidos con la ecuación (1), el cual es de 8’300,880 millones de pesos y el valor real del PIB del segundo trimestre es de 8,753,916, existiendo una precisión del 95%. Lo cual coincide con el intervalo de confianza del 95%, donde el PIB real del segundo trimestre de 2010, se encuentra entre 7’839,186 y 8’762,574 millones de pesos.

Cuadro 4. Pronóstico del PIB del segundo trimestre de 2010, con el modelo ARIMA(3,1,2), de la serie de tiempo de 69 trimestres del periodo 1993- 2010.

| Forecasts; Model:(3,1,2). Input: PIB. Start of origin: 1 End of origin: 69 | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------|----------|----------------|
| Trimestre | Pronóstico | Intervalo de confianza al 95% | | Error estándar |
| | | Inferior | Superior | |
| 70 | 8300880 | 7915212 | 8686548 | 230965.8 |
| 71 | 8072271 | 7524925 | 8619617 | 327790.7 |
| 72 | 8404475 | 7752922 | 9056029 | 390197.7 |

Fuente: Elaboración propia con el software Statistica y los datos del cuadro 1.

CONCLUSIONES

El modelo que mejor se ajustó para pronosticar el Producto Interno Bruto del segundo trimestre del año 2010 fue el modelo ARIMA(3,1,2) el cual cumplió con los supuestos de los modelos de serie de tiempo. El pronóstico del PIB del segundo trimestre tuvo una diferencia del 5% con respecto al valor real del PIB, por lo que se concluye que el modelo ARIMA es eficiente en un 95%, lo que permite tomar decisiones mucho antes de que transcurra el periodo de tiempo considerado en el estudio, así como el de su publicación por las fuentes de información oficiales. La limitación que se presenta en este estudio se debe a que los resultados obtenidos sólo son válidos para la serie de tiempo analizada.

Este tipo de estudios pueden ser aplicados en muchas disciplinas y en particular en política económica como es el caso de materia cambiaria, económica, entre otras; así como en los índices de precios, en los salarios y los agregados monetarios que siguen un proceso aleatorio; por lo que la metodología empleada es útil en el estudio de variables macroeconómicas, así como en las políticas económicas actuales, tomando en cuenta que estos pronósticos sólo son válidos para la serie de tiempo estudiada.

LITERATURA RECOMENDADA

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. y Reinsel, G.C. (1994). Time series analysis. Forecasting and control. (3rd ed.). New Jersey, USA: Prentice-Hall.
- Cabrera, Adame Carlos Javier; Gutiérrez Lara Abelardo Aníbal y Miguel Rubén Antonio (2005). Introducción a los indicadores económicos y sociales de México. Facultad de Economía. UNAM. 260 p.
- Cristóbal Cristóbal, Alfredo y Martínez Marín Pilar. (2009). El estimador avance del PIB trimestral. Rapidez vs precisión. Índice, 34: 6-7. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2014] en: <http://www.revistaindice.com/numero34/>
- Herrera Saavedra, Juan Pablo y Hernández Díaz, Gustavo Adolfo (2002). Metodología de un modelo ARIMA condicionado para el pronóstico del PIB. Documento 81, archivos de Economía. Departamento Nacional de Planeación. República de Colombia. 33 P.
- Kikut V., A.C., E. Muñoz S., y J.C. Quiroz S. (2002). Aspectos conceptuales sobre series de tiempo -Nociones básicas. Departamento de Investigaciones Económicas, Banco Central de Costa Rica. Nota Técnica (DIE/02-2002-NT).
- Klein, Laurence R. y Coutiño, Alfredo (2004). Enfoque metodológico para un modelo de pronósticos de alta frecuencia para la economía mexicana. Investigación económica, 63(259), 47-58.
- McCallum, B. (1999). A carnival of stats. *Science*, 284, 1291-1292.
- Pérez-López Elguezabal, Alejandro (1995). Un modelo de cointegración para pronosticar el PIB de México. Banco de México. Documento de investigación No. 9504. 29 p. México.
- Ruiz-Ramírez, Juan, Hernández-Rodríguez, Gabriela Eréndira y Castro, Arce Bertha Alicia. (2011). Pronóstico a corto y mediano plazo del producto interno bruto trimestral de México. Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 149. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2014] en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2011/>

Ruiz-Ramírez, Juan, Jiménez Juan, Jerónimo, Hernández-Rodríguez, Gabriela Eréndira y González Muñoz, Óscar. (2013). Determinación del tamaño mínimo de la serie de tiempo en el pronóstico del PIB trimestral en México. Observatorio de la Economía Latinoamericana, Nº. 178. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2014] en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2013/pib-trimestral-mexico.html>.

Salazar López, César (2010). La economía mexicana en 2010. Dimensión económica, Instituto de investigaciones económicas, 1(2), 1-7.

ANEXO: Base de datos de la serie de tiempo trimestral del PIB a precios de mercado del periodo 1993- 2010.

Cuadro 1. Base de datos del Producto Interno Bruto (Millones de pesos) a precios de mercado, en millones de pesos, del periodo 1993- 2010.

| Periodo | PIB | Periodo | PIB | Periodo | PIB | Periodo | PIB |
|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| 1993-1 | 5,732,605 | 1997-3 | 6,569,538 | 2002-1 | 7,110,650 | 2006-3 | 8,541,490 |
| 1993-2 | 5,802,802 | 1997-4 | 6,898,432 | 2002-2 | 7,523,639 | 2006-4 | 8,744,937 |
| 1993-3 | 5,857,839 | 1998-1 | 6,663,953 | 2002-3 | 7,517,026 | 2007-1 | 8,479,625 |
| 1993-4 | 6,092,879 | 1998-2 | 6,779,742 | 2002-4 | 7,670,129 | 2007-2 | 8,778,590 |
| 1994-1 | 5,896,044 | 1998-3 | 6,891,274 | 2003-1 | 7,367,208 | 2007-3 | 8,849,592 |
| 1994-2 | 6,138,930 | 1998-4 | 7,072,602 | 2003-2 | 7,539,839 | 2007-4 | 9,085,562 |
| 1994-3 | 6,153,079 | 1999-1 | 6,832,815 | 2003-3 | 7,535,265 | 2008-1 | 8,698,038 |
| 1994-4 | 6,424,824 | 1999-2 | 6,997,226 | 2003-4 | 7,780,902 | 2008-2 | 9,040,647 |
| 1995-1 | 5,825,756 | 1999-3 | 7,147,871 | 2004-1 | 7,619,234 | 2008-3 | 8,994,895 |
| 1995-2 | 5,599,963 | 1999-4 | 7,410,019 | 2004-2 | 7,822,461 | 2008-4 | 8,984,242 |
| 1995-3 | 5,691,914 | 2000-1 | 7,298,666 | 2004-3 | 7,871,003 | 2009-1 | 8,013,977 |
| 1995-4 | 5,962,217 | 2000-2 | 7,467,022 | 2004-4 | 8,134,017 | 2009-2 | 8,139,317 |
| 1996-1 | 5,890,979 | 2000-3 | 7,604,206 | 2005-1 | 7,775,430 | 2009-3 | 8,448,990 |
| 1996-2 | 5,955,002 | 2000-4 | 7,711,481 | 2005-2 | 8,119,230 | 2009-4 | 8,780,310 |
| 1996-3 | 6,072,630 | 2001-1 | 7,310,570 | 2005-3 | 8,140,956 | 2010-1 | 8,358,484 |
| 1996-4 | 6,427,559 | 2001-2 | 7,424,995 | 2005-4 | 8,419,100 | | |
| 1997-1 | 6,152,624 | 2001-3 | 7,482,968 | 2006-1 | 8,240,421 | | |
| 1997-2 | 6,492,744 | 2001-4 | 7,576,319 | 2006-2 | 8,528,752 | | |

Fuente: INEGI (2010). Sistema de Cuentas Nacionales de México.