



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**LA INFLACIÓN EN MÉXICO 1995 - 2005  
Y SU PERSPECTIVA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**ACTUARIO**

**P R E S E N T A :**

**RENATO DELGADO RODRÍGUEZ**



**TUTOR  
M. en D. ALEJANDRO MINA VALDÉS**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno  
Delgado  
Rodríguez  
Renato  
58 83 88 22  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Actuaría  
403061903

---

2. Datos del tutor  
M. en D.  
Alejandro  
Mina  
Valdés

---

3. Datos del sinodal 1  
M. en C.  
José Pablo  
Castañeda  
Martínez

---

4. Datos del sinodal 2  
Dra.  
Ruth Selene  
Fuentes  
García

---

5. Datos del sinodal 3  
Mat.  
Margarita Elvira  
Chávez  
Cano

---

6. Datos del sinodal 4  
L. en E.  
Verónica  
de Jesús  
Romo

---

7. Datos del trabajo escrito  
La Inflación en México 1995 – 2005 y su perspectiva  
85p.  
2010

*A mis padres,  
para quienes nunca hubo inalcanzables  
y que me dieron la mejor herencia  
que podría recibir: la educación*

*A mi hermano Esteban,  
compañero de mil batallas,  
gracias por ser fuerte en los momentos más difíciles*

*A Bruno y Fernando  
porque en sus caritas he visto  
la sabiduría con el pelo desgreñado*

*A Citlalli,  
por todo tu apoyo, por caminar de mi mano  
pero sobre todo por impulsarme siempre a ser mejor  
gracias por tus comentarios y sugerencias para esta tesis*

*Al profesor Alejandro Mina,  
por su paciencia, disponibilidad y generosidad para  
compartir su experiencia y amplio conocimiento que  
fueron un aporte invaluable para el desarrollo de esta tesis*

*A mi Alma Mater,  
la Universidad Nacional Autónoma de México,  
de la cual siempre estaré muy orgulloso de pertenecer,  
a la que siempre defenderé y estaré profundamente agradecido  
por todo lo que aprendí dentro y fuera de sus aulas*

# Índice

Índice.....	1
Introducción.....	3
1 La Macroeconomía.....	5
1.1 Indicadores Macroeconómicos.....	6
1.1.1 PIB.....	6
1.1.1.1 PIB Nominal y PIB Real.....	10
1.1.2 Deflactor del PIB.....	11
1.1.3 El PIB como medida de bienestar.....	11
1.1.4 Tasa de Desempleo.....	13
1.2 Situación Macroeconómica durante el periodo 2000 – 2005 en México.....	15
2 El Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).....	19
2.1 Los Números Índice.....	19
2.2 Construcción del INPC.....	22
2.2.1 Representatividad.....	23
2.2.2 Publicación y difusión.....	25
2.3 Elaboración del INPC.....	25
2.3.1 La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH).....	25
2.3.2 La canasta básica.....	26
2.3.3 La ponderación.....	26
2.3.4 Actualización del año base.....	27
2.3.5 El cambio de base del año 2002.....	28
2.3.6 Cálculo del INPC.....	30
3 La Inflación.....	31
3.1 El dinero.....	31
3.1.1 Dinero y liquidez.....	32
3.1.2 La creación de dinero.....	33
3.1.3 La teoría cuantitativa del dinero y la inflación.....	35
3.2 Los costos de la inflación.....	36
3.3 La inflación óptima.....	39
3.4 Medición de la inflación.....	40
3.4.1 La tasa de inflación.....	40
3.5 La inflación en México.....	41
3.6 Estadísticas.....	43
4 Pronóstico de la inflación.....	45
4.1 Las series de tiempo.....	45
4.1.1 El análisis de las series de tiempo.....	47
4.1.1.1 Análisis preliminar.....	47
4.1.1.2 Análisis de la tendencia.....	48
4.1.1.3 Análisis de la estacionalidad.....	50
4.1.1.4 Procesos estocásticos estacionarios y series de tiempo estacionarias.....	52
4.1.1.5 El correlograma y su interpretación.....	53

4.1.2 Modelos de series de tiempo .....	57
4.1.2.1 Proceso puramente aleatorio (Ruido blanco).....	57
4.1.2.2 Caminata aleatoria.....	57
4.1.2.3 Procesos autorregresivos (AR) .....	58
4.1.2.4 Procesos de promedios móviles (MA) .....	60
4.1.2.5 Procesos ARMA .....	62
4.1.2.6 Procesos ARIMA .....	62
4.1.2.7 Identificación y estimación de un modelo.....	63
4.1.2.8 Evaluación del modelo .....	66
4.1.3 El problema del pronóstico .....	68
4.2 Pronóstico de la inflación en México .....	71
Conclusiones.....	82
Bibliografía.....	84

# Introducción

*“Antiguamente, la posición de un país dependía principalmente de su poderío militar, actualmente es su poder económico el que determina su éxito o su fracaso”.*

*Paul Samuelson y William Nordhaus*

Generalmente un nivel de vida alto contempla el encontrar un buen empleo. ¿Qué clase de trabajo es posible encontrar luego de concluir la educación profesional?, ¿existirán muchas opciones o habrá en el país una tasa elevada de desempleo que dificultará encontrar trabajo?

Un nivel alto de vida significa que se puede comprar no sólo lo estrictamente necesario para vivir, sino que además de eso se puede tener cierto esparcimiento. Si los precios suben demasiado rápido, los ingresos de las personas se quedan rezagados, y éstas se ven obligadas a reducir la cantidad de bienes usualmente adquiridos o bien comprar bienes alternativos cuya calidad probablemente será más baja lo cual implica un descenso en el nivel de vida.

¿Qué podrá comprar una persona con una misma unidad monetaria dentro de un año o dentro de diez años que tenga que hacerse cargo de la educación de sus hijos?, ¿qué podrá comprar dentro de 40 años cuando esté retirada, viviendo de un fondo de retiro?. La respuesta a estas preguntas es: casi nada, pues el dinero con el paso del tiempo va perdiendo su valor y el nivel general de precios va aumentando, este fenómeno es conocido como inflación.

¿Cuántas personas tienen trabajo?, ¿qué tipo de trabajos tiene la gente?, ¿son éstos de tiempo completo o medio tiempo?, ¿son los salarios altos o bajos?, ¿qué hay de las prestaciones complementarias?

Pero tener un buen empleo con un salario digno es tan sólo la mitad de la ecuación que resulta en un buen nivel de vida; el costo de la misma constituye la otra mitad. Es en este punto donde entra en juego el Índice de Precios al Consumidor (IPC), mediante éste se da seguimiento al costo de los artículos que se compran.

El Índice de Precios al Consumidor es una medida del promedio de precios que pagan los consumidores urbanos por una canasta fija de bienes y servicios de consumo. Con este índice se construye la tasa de inflación la cual podría verse como una medida de la pérdida de valor del dinero.

¿Esta pérdida de valor sigue un patrón?, ¿puede controlarse o pronosticarse al menos?. En el presente texto se analiza el comportamiento de la tasa de inflación en México que es uno de los indicadores más relevantes de la situación económica que se vive y de más fácil comprensión. Es de destacar la gran accesibilidad a la información con la que se cuenta hoy en día gracias al internet, específicamente a las páginas electrónicas del INEGI y del Banco de México, que resulta de trascendental para el desarrollo de este trabajo.



Aunque el texto está dirigido a cualquier tipo de lector contiene en cierta medida tecnicismos y conocimientos específicos de las áreas económica y matemática. De modo que para su mayor comprensión y explotación resultan deseables conocimientos de Teoría Macroeconómica, Teoría de Probabilidad y de Series de Tiempo, máxime si el texto se utiliza como guía o consulta en la tarea de ajustar un modelo de Series de Tiempo.

El contenido está dividido en cuatro capítulos, en el capítulo 1 se aborda la Teoría Económica, su división por objeto de estudio entre Micro y Macroeconomía, así como la medición de las variables de esta última, en el capítulo 2 se trata al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) el cual es un indicador del comportamiento de los precios de la economía nacional y constituye un paso previo a la construcción de la tasa de inflación la cual proporciona una medición del valor del dinero a través del tiempo, tema que se plantea detalladamente en el capítulo 3, finalmente en el capítulo 4 se expone la Teoría de Series de Tiempo, aquí se presentan los modelos que se utilizan para representar observaciones cronológicas de una variable y posteriormente se ajusta e interpreta uno de éstos a la tasa de inflación que presentó México durante el periodo antes mencionado.

Posteriormente, en la sección de conclusiones, se detallan las razones de la elección del periodo de estudio; se le da contexto al ajuste hecho en el capítulo 4 y se realiza un análisis de los resultados obtenidos, tanto de sus cualidades como de sus limitaciones.

Finalmente se presenta un listado de la bibliografía consultada, la cual proporciona una guía útil en el caso de que el lector desee hacer una consulta más amplia o rigurosa.

# 1 La Macroeconomía

Según Friedrich Engels "La economía es la ciencia que estudia las leyes que rigen la producción, la distribución, la circulación y el consumo de los bienes materiales que satisfacen necesidades humanas".<sup>1</sup>

De modo que al hablar de economía se habla implícitamente de bienes y servicios, empleos para la población, mercados (cualquiera que sea su naturaleza y sus precios), y de riqueza generada.

Ahora bien, la ciencia económica se divide en dos grandes vertientes: macroeconomía y microeconomía.

La macroeconomía es el estudio del comportamiento de la economía en su conjunto. Examina el nivel total de producción, empleo y precios de una región de un país, de una zona que puede comprender varios países, o simplemente un país, siendo este último el caso más común. Su tarea principal es tratar de averiguar por qué la actividad económica total aumenta o disminuye, por qué algunos indicadores económicos son más altos unos años que otros. También intenta explicar los determinantes del nivel general de precios y su variación. Por último, también se estudian otras variables, (como tipos de interés, índices bursátiles y tipos de cambio) que desempeñan un papel importante en la determinación de los niveles de producción, de empleo y de precios.

En cambio, la microeconomía estudia los mercados de mercancías específicas examinando la conducta de los hogares y las empresas de manera individual. Se observa la manera en que los mercados asignan los recursos para crear un excedente del productor y del consumidor, así como las razones por las que podría funcionar mal.

En la microeconomía se supone que las variaciones en los precios resuelven los desequilibrios entre la oferta y la demanda. Las subidas en los precios provocan un aumento de la oferta y los descensos de los precios provocan un aumento en la demanda, hasta que ambas vuelven a estar en equilibrio. En la macroeconomía se considera la posibilidad de que sean las variaciones de las cantidades en lugar de las variaciones de los precios las que resuelven los desequilibrios entre la oferta y la demanda. Es decir, los productores pueden tardar en modificar los precios que cobran y preferir, aumentar o reducir la producción hasta que la oferta sea igual a la demanda.

Una manera en la que se ha intentado integrar la microeconomía y la macroeconomía es analizando los "fundamentos microeconómicos" de los temas macroeconómicos. Pero no se ha conseguido construir un puente sólido entre ambas vertientes.<sup>2</sup>

Asimismo, la macroeconomía no podría existir sin la estadística ya que ésta le brinda los elementos esenciales para su desarrollo, en primer lugar permite la obtención de la información de los hechos económicos apoyándose en censos, muestreos y descripciones. También permite la inferencia de las principales variables de la economía y su evolución. Se usa en el cálculo de los índices económicos los cuales caracterizan determinados fenómenos. Se usa hasta en las tareas más sencillas como la tabulación de

---

<sup>1</sup> Hall (1992).

<sup>2</sup> DeLong (2003).

los datos estadísticos, ya que ésta le provee de la herramienta lógica y deductiva, necesarias en el análisis de fenómenos.

En la actualidad es inconcebible que el tratamiento de toda la información estadística se haga manualmente. Al aplicar la computación se obtienen resultados más exactos, confiables y mucho más rápidamente, aunado a esto, es posible manejar cantidades de información antes no imaginadas. Las posibilidades reales que ofrecen los medios de cómputo han cambiado nuestra manera de trabajar.

Además de la estadística, la macroeconomía se apoya en algunos métodos matemáticos para realizar el análisis de las relaciones económicas. Por ejemplo, la modelación mediante ecuaciones diferenciales, aplicación de métodos de investigación de operaciones o teoría de juegos para resolver problemas de optimización, aplicación de derivadas parciales a funciones de utilidad, etc.

La macroeconomía es por tanto, el estudio de la economía a gran escala, a escala nacional, lo que se logra a través de las llamadas Cuentas Nacionales. Éstas integran un sistema contable que permite conocer el estado de la economía y la dinámica de las actividades que en ella se desarrollan por parte del sector público y privado. El conocer el desempeño de las diferentes áreas de la economía, su incidencia en ésta y las relaciones que existen entre ellas, permite hacer una evaluación de las necesidades existentes y definir las políticas que se han de emprender en materia económica hacia el futuro. Igualmente, es un punto de referencia importante para investigaciones históricas.

## **1.1 Indicadores Macroeconómicos**

Las Cuentas Nacionales tienen su base en las cifras de los agregados básicos que se estudian en Macroeconomía, dichos agregados reciben el nombre de Indicadores Macroeconómicos puesto que es posible hacerse de una buena idea del pulso de la Macroeconomía reciente examinándolos. Estas Cuentas Nacionales integran un sistema que, al igual que cualquier otro sistema contable, define los conceptos que utiliza, indica cómo elabora los correspondientes indicadores y muestra qué relación guardan entre sí.

Entre los indicadores más importantes se encuentran el Producto Interno Bruto (PIB), el deflactor del PIB, el PIB per capita y la tasa de desempleo.

### **1.1.1 PIB**

El intento de captar el nivel de actividad económica debe pretender medir la suma total de producción en la economía (producción agregada). Pero, ¿qué es la actividad económica?

Siempre que alguien trabaja para otra persona y cobra, eso es una actividad económica. Siempre que se compra algo en una tienda, es una actividad económica. Siempre que el Estado recauda impuestos y gasta dinero en crear infraestructura, eso es una actividad económica. En general si en una transacción hay flujo de dinero, se

considera actividad económica. Si una transacción no implica el intercambio de dinero por algo de valor útil y real: recursos, trabajo, bienes o servicios, no se considera actividad económica.<sup>3</sup>

La medida básica de producto de una economía es el Producto Interno Bruto (PIB), es decir, el total de todos los bienes y servicios finales que se producen dentro de las fronteras de un país durante un intervalo dado, valuados a precio de mercado.

La idea de medir la producción final es que se quiere evitar contar los bienes intermedios; es decir, aquellos que se utilizan en la producción de otros bienes. De esta forma se evita la doble, o más bien, múltiple contabilidad de bienes.

El PIB es una variable de flujo, porque representa la cantidad producida en un periodo. Las variables de flujo sólo tienen sentido en la medida que se refieran a un lapso: exportaciones mensuales, anuales, etc. También se definen, las variables de stock, como aquellas que representan una variable en un instante, por ejemplo el número de autos en una ciudad en un momento dado. Nótese que no tiene sentido hablar de un stock en un periodo sino en un momento determinado.

Existen tres enfoques diferentes para medir el PIB en una economía:<sup>4</sup>

El enfoque del producto

El enfoque del gasto

El enfoque del ingreso

(1) En el enfoque del producto el PIB se mide directamente, calculando la producción final de bienes y servicios. Para esto, en la práctica la actividad económica se separa en varios sectores y se mide la producción final de cada uno. Se debe destacar que nos interesa la producción final; por eso, el PIB no mide todo lo que se produce en la economía, sino el valor agregado. El ejemplo más clásico es el del trigo, la harina y el pan. Si se suma el valor de la producción del trigo, la harina y el pan. Como la harina es un insumo en la producción del pan y por lo tanto su costo estará reflejado en el precio, se habrá contado dos veces la producción de harina, consecuentemente se habrá obtenido como resultado una cifra por arriba de la real.

Aquí se debe diferenciar claramente entre dos conceptos: factor e insumo intermedio, el factor corresponde a aquello que nos permite producir, comúnmente capital y trabajo. En cambio, el insumo intermedio corresponde a bienes que ya se han producido a partir de capital y trabajo pero que en lugar de venderse como bienes finales se usan en la producción de otros bienes.

En el ejemplo del trigo, la harina y el pan, si se suma la producción total de cada etapa se habrá repetido tres veces el valor del trigo, para evitar esto sólo se considera el valor agregado, descontando en cada etapa el valor de los insumos intermedios. En consecuencia, si la harina sólo se usa en pan y es el único insumo empleado en su producción, al valor de la producción del pan se le descontará el valor de producción de la harina, y esta diferencia será el valor agregado en la producción del pan. Igualmente se hará con la harina, y así se sumarán los valores agregados de cada sector, sin contabilizar la misma producción dos o más veces.

---

<sup>3</sup> DeLong (2003).

<sup>4</sup> De Gregorio (2007).

Al valor total de la producción incluyendo los insumos intermedios, se le llama valor bruto de la producción, y al descontar las compras intermedias se llega al valor agregado:

$$\text{Valor agregado} = \text{Valor bruto de producción} - \text{Compras intermedias}$$

Para medir el valor agregado por sector a partir de sus producciones totales se usa la matriz Insumo-Producto. Esta matriz indica cuánto de la producción en cada sector se usa como insumo intermedio en los otros sectores y cuánto corresponde a ventas finales. A partir de dicha matriz, se pueden separar las compras intermedias del valor bruto de producción.

(2) Según el enfoque del gasto todos los bienes que una economía produce se gastan. Incluso si un producto no se vende y se guarda para venderlo después corresponderá a una forma de gasto involuntario en que incurren las empresas en forma de acumulación de inventarios. Asimismo si una empresa no puede vender sus productos y éstos se destruyen, entonces la empresa también habrá realizado un gasto.

Según el agente económico (hogares, empresas, gobierno, o extranjeros) que realiza el gasto y la naturaleza de éste, el PIB se puede escribir como:

$$Y = C + I + G + XN$$

Donde Y es PIB, C es consumo, I es inversión, G es gasto de gobierno y XN exportaciones netas, que corresponden a la diferencia entre exportaciones (X) e importaciones (M). Esto último también se conoce como balanza comercial, es decir, el saldo en la balanza comercial es:

$$XN = X - M$$

Consumo es el gasto final de los hogares e instituciones sin fines de lucro. Este consumo puede ser de bienes durables (automóviles), bienes de consumo (alimentación) o de servicios (diversión).

La diferencia clave entre inversión y consumo es que la inversión consiste en bienes que se mantienen para el futuro y, por lo tanto, no son consumidos. Los bienes se mantienen ya sea para producir otro tipo de bienes (maquinaria, edificios) o como productos finales para ser vendidos en el futuro (inventarios).

G representa el gasto del gobierno en bienes y servicios de consumo final. Es una medida análoga a C pero gastada por el gobierno. Esto no incluye la inversión pública que está medida en la inversión total I. Ejemplo de esto es defensa, educación, servicios, etc.

Hasta ahora se ha definido el gasto total de los nacionales: hogares, empresas y gobierno. El total de estos gastos se llama gasto interno o absorción A:

$$A = C + I + G$$

Sin embargo no todo el gasto interno corresponde a gasto en bienes y servicios producidos dentro del país, o sea el PIB. Parte de los bienes de consumo es importada y el gasto del gobierno también incluye bienes importados. Por tanto si se desea saber el verdadero valor de  $A$  se debe restar el valor de las importaciones. Asimismo, los extranjeros también consumen bienes nacionales. Entonces, si se quiere llegar al PIB debemos agregar el gasto de los extranjeros en bienes nacionales: las exportaciones, quedando así:

$$Y = A + X - M = A + XN$$

En la siguiente tabla se puede apreciar como en la mayoría de los países el Consumo abarca la mayor parte del PIB, lo que señala que la mayor parte de los bienes producidos en una economía son consumidos en la misma.

Composición del PIB de algunos países en 2005 (%)

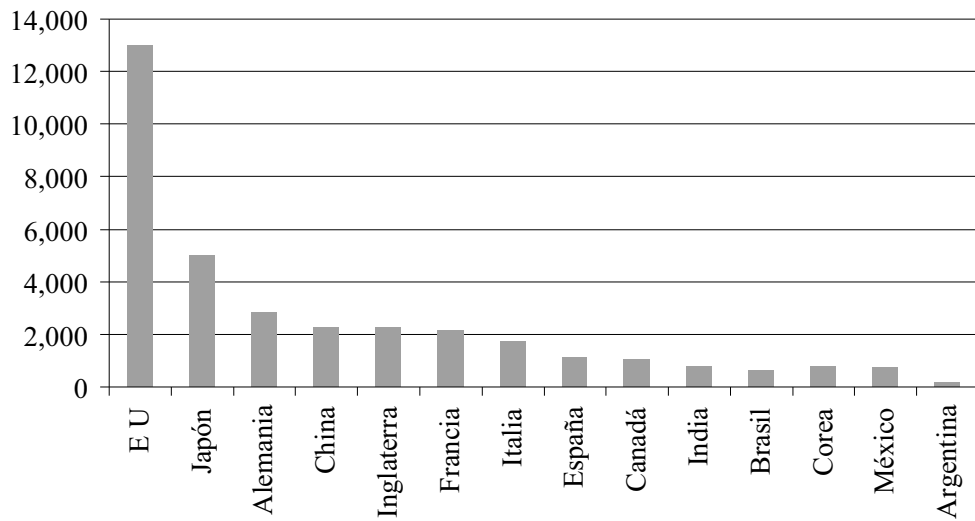
País	Consumo	Gasto Gobierno	Inversión	Exportación	Importación
Argentina	62.7	11.4	15.1	25.0	14.0
Bolivia	73.7	16.6	11.1	23.7	25.1
Brasil	59.2	19.3	17.8	16.9	13.1
Canadá	56.2	19.2	20.2	41.5	37.2
Chile	60.7	12.0	24.2	35.7	32.6
Colombia	64.6	21.3	15.2	21.4	22.5
Dinamarca	47.4	26.5	19.6	43.5	36.9
Francia	55.1	24.3	19.2	25.8	24.6
Alemania	58.6	19.3	17.9	36.0	31.8
Israel	60.1	30.6	16.1	37.3	44.1
Italia	60.4	19.5	19.6	25.4	24.9
Japón	56.9	17.5	24.0	11.8	10.2
México	69.2	12.7	19.8	28.4	30.1
Polonia	70.1	16.4	18.9	21.0	26.4
Sudafrica	62.4	19.1	16.8	28.2	26.4
Reino Unido	65.5	21.1	16.3	25.1	28.1
E U	70.8	15.2	18.1	9.7	13.7

Fuente: Banco Mundial, World Development Indicators 2005

(3) En el enfoque del ingreso, los hogares, dueños del capital y del trabajo de la economía, arriendan sus factores a las empresas para que ellas produzcan bienes que van tanto a los hogares como al gobierno. Este flujo corresponde a la medición directa de productos. Los hogares y gobierno están en  $C+I+G$ , que es la medición por el enfoque del gasto.

Por el enfoque de los ingresos, las empresas deben pagar a las familias por arrendar el capital y el trabajo. Entonces se puede medir el ingreso al capital y al trabajo, pero no todo es el PIB, pues una parte de los ingresos que están en el valor de los bienes y servicios que las empresas venden se va al gobierno por medio de los impuestos.

PIB de algunos países en 2005 (Billones de dólares)



Fuente: Banco Mundial 2005

### 1.1.1.1 PIB Nominal y PIB Real

Si se miden todos los bienes de consumo indexados por:  $i=1, \dots, n$ , en la economía de un periodo  $t$  (denotando la producción final de cada bien por  $q_{i,t}$  y su precio por  $p_{i,t}$ ), se tiene que el PIB nominal denotado como  $Y$ , es:

$$Y_t = \sum_{i=0}^n p_{i,t} q_{i,t}$$

También se conoce como PIB a precios corrientes, ya que la producción se valora al precio actual de los bienes y servicios.

El PIB nominal aumenta con el paso del tiempo por dos razones. En primer lugar, la producción ( $q$ ) de la mayoría de los bienes aumenta con el paso del tiempo. En segundo lugar, el precio ( $p$ ) de la mayoría de los bienes, expresado en unidades monetarias, también sube con el paso del tiempo. Todos los años se produce un número mayor de automóviles, y su precio también sube todos los años.

Más aún en una economía con una alta inflación, es decir, en donde los precios aumentan muy rápidamente, el PIB nominal puede aumentar, pero no porque haya más bienes sino porque éstos son más caros y, por tanto, la producción sube cuando se mide en unidades monetarias.

Debido a esto se utiliza el PIB real, el cual es un intento por medir sólo los cambios de producción. Para ello en todos los periodos se valora la producción a los

precios de un año base ( $t=0$  y los precios son  $p_{i,0}$ ). Por eso también se conoce como PIB a precios constantes o PIB a precios del año 0. El PIB real denotado por  $y$  es:

$$y_t = \sum_{i=0}^n p_{i,0} q_{i,t}$$

## 1.1.2 Deflactor del PIB

Suponga que el PIB nominal ( $Y$ ) aumenta pero el PIB real ( $y$ ) no varía resulta evidente que el aumento del PIB nominal se debe necesariamente a la subida de los precios. De ahí viene la definición del Deflactor del PIB, que indica el precio medio de los bienes finales producidos en la economía. El Deflactor del PIB en el año  $t$ ,  $P_t$ , es el cociente entre el PIB nominal y el PIB real en el año  $t$ :

$$P_t = \frac{Y_t}{y_t} = \frac{\sum_{i=0}^n p_{i,t} q_{i,t}}{\sum_{i=0}^n p_{i,0} q_{i,t}}$$

Es un deflactor porque para transformar una variable nominal en real, se “deflacta” por un índice de precios. Así, el PIB real es el PIB nominal deflactado (dividido) entre el deflactor del PIB:

$$y_t = \frac{Y_t}{P_t}$$

La importancia del deflactor del PIB radica en que es una medida útil al analizar la productividad a través del tiempo de una economía, ya que esta medida no se ve distorsionada por el aumento inherente al tiempo por parte de los precios.

## 1.1.3 El PIB como medida de bienestar

Como cualquier otra medida estadística, el PIB es un concepto que se puede utilizar correcta o incorrectamente, como se ha visto tiene un gran valor como indicador de la cuantía de la actividad económica de un país pero también es usado con frecuencia como medida básica para calcular el nivel de vida de la población, situación que, como se verá más adelante, resulta burda.

Cuando el PIB de un país crece resulta claro que la productividad de éste se ha visto aumentada. Sin embargo, no es posible medir el bienestar de un país basados



únicamente en su producción real de bienes y servicios, necesariamente se debe considerar a la población misma, es así como se llega al PIB per cápita.

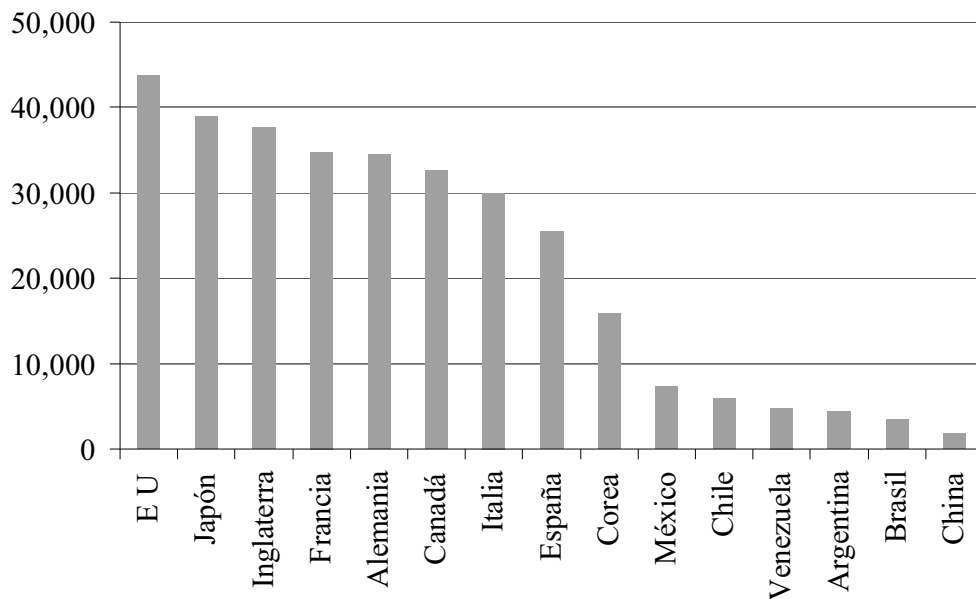
El PIB per cápita es la proporción que hay entre el PIB y la cantidad de habitantes de un país, que es ya una medida útil tratándose de bienestar.

No obstante, no debe perderse de vista que el PIB es una medida de la producción y un indicador de la actividad económica y no es una medida del bienestar general de un país.

La economía de un país crece cuando se registran incrementos en el PIB real per cápita. La medida de crecimiento económico más comúnmente usada es la tasa de cambio que registra el PIB real per cápita anualmente.

Pero aún esta medida encierra problemas en cuanto al bienestar de los habitantes de un país puesto que no dice nada acerca de la distribución del producto entre los habitantes. Es posible encontrar el caso en el que el producto per cápita ha crecido velozmente pero los habitantes más pobres se han depauperado incluso más. Por esto es necesario considerar que cuando se usa el PIB per cápita para medir el bienestar, éste no dice nada sobre los ingresos relativos de los distintos grupos de un país. Como ejemplo tómese el caso de países como la India cuyo PIB es mayor al de Suiza y el nivel de vida de la población en este último es muy superior al del primero.

PIB per cápita de algunos países en 2005 (US\$)



Fuente: Banco Mundial 2005

Si se observan las dos últimas gráficas se puede apreciar que aunque el PIB de EU es drásticamente mayor que el de países como Japón o Alemania, no así el PIB per capita, lo que sugiere que la proporción entre la producción y la población de estos países es similar entre estos países.

## 1.1.4 Tasa de Desempleo

Tanto el nivel del PIB como el desempleo son indicadores importantes para medir el desempeño de una economía en términos de actividad, pero el público en general está más preocupado por las cifras de desempleo, pues le son más entendibles, que por las cifras de expansión del PIB. Naturalmente un nivel de empleo bajo está asociado con un bajo nivel de actividad, sin embargo, una mirada más cuidadosa a los datos de empleo puede proporcionar información adicional sobre la evolución y perspectivas de la actividad económica.

En primer lugar, la población en la economía se divide entre quienes están en edad de trabajar y quienes no lo están. La población en edad de trabajar (*PET*) se define como aquella integrada por los mayores de cierta edad que oscila entre los 14 y 16 años dependiendo del país. Pero no todos los que están en edad de trabajar desean hacerlo. La población que está en edad de trabajar y desea hacerlo corresponde a la fuerza de trabajo (*FT*), también llamada población económicamente activa (*PEA*). Quienes están en edad de trabajar y no desean hacerlo reciben el nombre de inactivos.<sup>5</sup>

La razón entre la población económicamente activa y la población en edad de trabajar se llama tasa de participación (*TP*):

$$TP = \frac{PEA}{PET}$$

Multiplicado por 100, esto representa el porcentaje de gente en edad de trabajar que desea hacerlo.

Dentro de la *PEA*, quienes desean trabajar y no consiguen hacerlo son los desocupados (*D*). Los demás están ocupados, la tasa de desocupación o tasa de desempleo (*u*, por *unemployment*) corresponde a la proporción de personas que desean trabajar pero están desocupadas:

$$u = \frac{D}{PEA}$$

Es importante notar que hay dos tipos de desocupados: aquellos que buscan trabajo por primera vez y los cesantes. Estos últimos, que constituyen la mayoría de los desempleados, son quienes han perdido su trabajo.

A partir de la definición podemos deducir dos posibles causas para que la tasa de desempleo aumente, porque hay menos empleo o porque hay una mayor población económicamente activa. Para esto, denotando con *E* el número de empleados, podemos reescribir así:

---

<sup>5</sup> De Gregorio (2007).

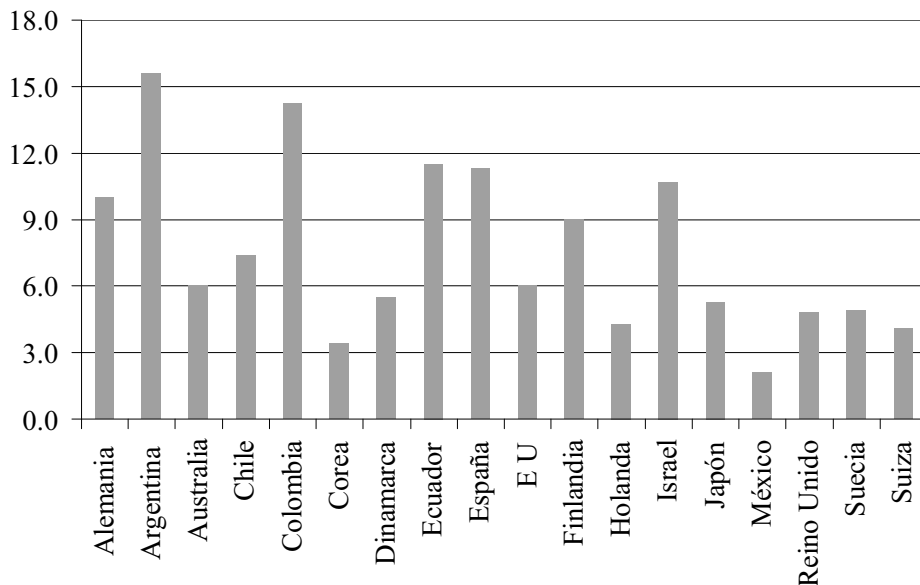
$$u = \frac{PEA - E}{PEA}$$

Si el empleo cae, dado *PEA*, la tasa de desempleo aumentará. Por otro lado, si la fuerza de trabajo sube y el empleo permanece constante la tasa de desempleo aumentará. Asimismo si mucha gente desea trabajar y el mercado no es capaz de absorber a todos, es posible que la *PEA* aumente más rápidamente que *E*, y el cociente entre *PEA - E* y *PEA* también aumente.

Los movimientos de la fuerza de trabajo en el ciclo pueden responder a dos situaciones: En una economía con buenas perspectivas la *PEA* puede aumentar debido a que la gente decide dejar de ser inactiva ante mejores oportunidades. O en una economía deprimida también se genera un incentivo en el hecho de que la gente sale a trabajar para paliar las malas condiciones. Por esto, aunque el empleo y la *PEA* tienden a moverse en la misma dirección, éste no siempre es el caso. Pueden observarse fluctuaciones en la tasa de desempleo por razones más asociadas a cambios en la *PEA* que a la evolución del empleo.

Por lo anterior, no basta con analizar la tasa de desempleo para tener una buena visión del mercado de trabajo, también es importante observar el dinamismo del empleo y la incorporación de nuevas personas a la *PEA*.

Tasa de desempleo en algunos países en 2003 (%)



Fuente: Organización internacional del trabajo 2003

México presenta la tasa de desempleo más baja de la gráfica, situación que como se verá en la siguiente sección, no necesariamente indica que el desempleo no represente un problema.

## 1.2 Situación Macroeconómica durante el periodo 2000 – 2005 en México<sup>6</sup>

2000 fue año de elecciones presidenciales en México, Vicente Fox tomó posesión en diciembre de ese año.

En términos generales 2000 se puede catalogar como un buen año para la economía mexicana, ya que la mayor parte de los indicadores tuvieron un comportamiento aceptable, el crecimiento esperado del PIB real era 4.5% y se logró 6.6%, más de 2% por arriba de lo esperado, lo que es una evidencia del buen desempeño. El promedio de tipo de cambio de ese año fue de 9.36 pesos por dólar, situación que favoreció a los importadores y no así a los exportadores que prefieren tipos de cambio devaluados. El PIB real de Estados Unidos creció 3.6%.

Para el año 2001, que ya estuvo completamente bajo el control de la administración foxista, las cosas cambiaron totalmente ya que se siguió el ritmo marcado por la economía de Estados Unidos de cuyo PIB real se esperaba un crecimiento superior al 3% y terminó logrando 0.74% y dado que el 80% de las exportaciones y el 50% de las importaciones de México tienen como destino y origen dicho país, cualquier perturbación en esa economía se ve reflejada inmediatamente, de manera tal que sucedió lo que no sucedía desde 1995 el PIB real decreció, esta vez en un 0.28%. El tipo de cambio promedio fue de 9.17 pesos por dólar lo que favoreció las importaciones situación que resultó buena, dada la alta dependencia del aparato productivo nacional respecto a las importaciones.

El estancamiento, es lo que caracteriza el desempeño económico en 2002, aunque el PIB real volvió a tener crecimiento, éste es prácticamente nulo al ser del 0.77% a pesar de que el PIB real de Estados Unidos superó los pronósticos de crecimiento logrando el 1.86%. El tipo de cambio promedio fue de 10.36 pesos por dólar. México, al no tener crecimiento no genera empleo y esta variable es trascendente, una persona sin empleo es una persona frustrada y un potencial problema social.

En 2003 el estancamiento continúa ya que de un crecimiento esperado del 3% se logra solamente el 1.4% a pesar de que el PIB real de Estados Unidos creció 3.04% lo que impulsó la idea de que se necesitan reformas internas que permitan potenciar el crecimiento. El tipo de cambio llega a la alarmante cifra de 11.2 pesos por dólar.

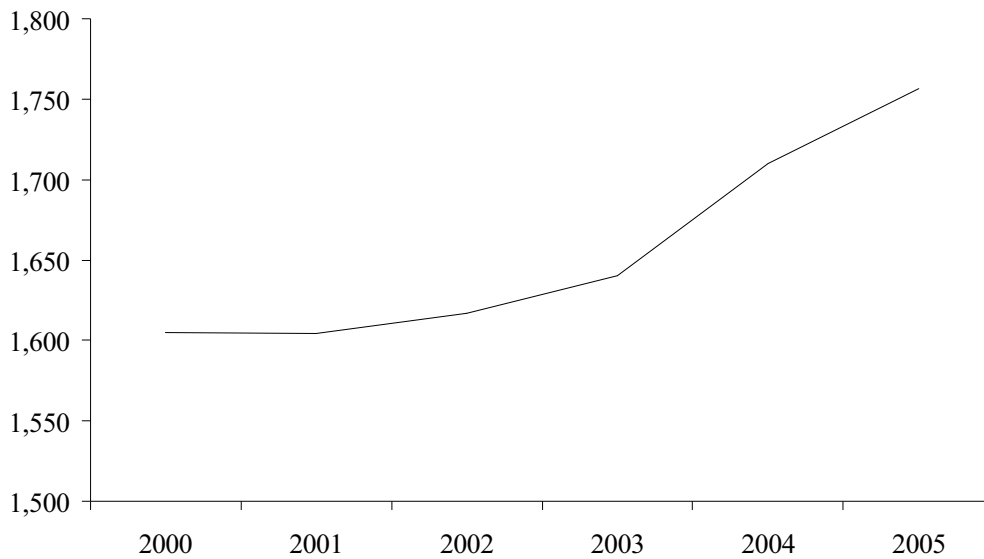
El ansiado crecimiento llega en 2004, el PIB real supera el valor esperado que era del 3%, logra la cifra de 4.4% por lo que en términos globales este fue un buen año para la sociedad que esperaba recibir los frutos de dicho crecimiento. Este año el tipo de cambio promedio cerró en 11.22 pesos por dólar, y aunque el PIB real de Estados Unidos creció ligeramente por debajo de lo esperado no afectó el desempeño de la economía mexicana.

Para el año 2005 el crecimiento del PIB real quedó ligeramente por debajo del 3% esperado, con solamente un 2.72% y el tipo de cambio promedio durante este año es de 10.71 pesos por dólar. Este año el PIB real de Estados Unidos crece 3.2%.

---

<sup>6</sup> Sánchez (2006).

PIB real en el periodo 2000 – 2005 (Miles de millones de pesos)



Fuente: INEGI.

Aunque a partir del año 2002 el INEGI calcula el PIB real en base a ese año, en la gráfica anterior se utiliza 1993 con el fin de tener datos comparables entre sí.

Según el Censo General de Población y Vivienda realizado por el INEGI en el año 2000 la población total en México era de 97'483,412 habitantes y para 2005 y según el Conteo de Población, el número de habitantes ascendió a 103'263, 388 lo que indica que el PIB per cápita de esos años es de 16,465.65 y 17,007.05 pesos a precios de 1993, respectivamente.

Actualmente se considera al empleo una variable de importancia similar al PIB.

El desempleo está asociado a la falta de oportunidades de la población en edad de trabajar (PET) para encontrar una ocupación adecuadamente remunerada. Dada esta escasez en México han surgido básicamente dos opciones. La primera, que el mismo mercado laboral ha generado es el empleo informal o subempleo, pero éste más que una solución se ha convertido en un problema social y, más importante que eso, en una barrera estructural al crecimiento sostenido, además de que está desligado de la seguridad social. Un indicador del nivel de informalidad es la diferencia entre el número de personal remunerado, aquellos que declaran actividad en la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) realizada por el INEGI, y los inscritos en el seguro social. Esta diferencia ascendió en 2005 a poco más de 50% del empleo remunerado, se estima también que este sector genera aproximadamente 13% del PIB.<sup>7</sup> Esta informalidad genera problemas que van desde la ocupación, entorpecimiento y deterioro de espacios públicos hasta la evasión fiscal que afecta gravemente a la población no evasora pues los cargas tributarias e impuestos crecen debido a la necesidad de recaudar una determinada cantidad de dinero. La otra situación que ha surgido es el aumento de la migración legal e ilegal a los Estados Unidos, lo cual tiene su origen en las diferencias salariales entre uno y otro país.

<sup>7</sup> Mattar (2008).

En 2005 la población económicamente activa (PEA) en México representaba poco más de la mitad de la población mayor de 12 años y si bien disminuyó su tasa de crecimiento de 3.5% a 2.8% anual medio del periodo 1982-1993 a 1994-2004, ésta seguía siendo alta en comparación con el ritmo de crecimiento del empleo remunerado.<sup>8</sup>

La economía mexicana no ha sido capaz de generar el número total de empleos requeridos en ninguno de los últimos quince años y sin lugar a dudas hay un déficit acumulado de empleo.

Pese al mayor crecimiento del PIB real en 2004 y 2005, éste no se ha traducido de manera directa en una mayor generación de empleos. La economía mexicana estuvo lejos de generar ente 1 y 1.2 millones de empleos, que exige el aumento anual de la PEA. En el periodo 2000-2005, además del incremento de los niveles de desempleo, creció significativamente la informalidad en la economía y los ocupados sin protección social.

Sin embargo, las tasas de desempleo que reportan los países ubican a México como el que tiene la menor tasa de desempleo abierto de todos los países de América Latina y el Caribe, muy por debajo del promedio. En los últimos ocho años ha registrado siempre una de las tasas más bajas y por debajo del promedio, pareciera entonces que el problema del desempleo no es realmente grave, pues éste ocupa una franja muy pequeña de la PEA. En efecto, el porcentaje de desempleo muestra una tendencia a ubicarse entre el 3% y 5% de la PEA.

Recuérdese como se calcula la tasa de desempleo:

$$u = \frac{PEA - E}{PEA} = \frac{D}{PEA}$$

Parte del problema de que se registre una tasa baja de desempleo se debe a que el denominador, la Población Económicamente Activa (PEA), no aumenta realmente por la migración, además de que ha habido un cambio en la edad mínima (de 12 a 14 años) para formar parte de ella. Otra parte del problema es la cobertura del numerador, todo el que declara realizar tan sólo una hora de actividad a la semana se le toma como ocupado en la ENOE lo que sobreestima drásticamente el número de personas que cuentan con empleo.<sup>9</sup>

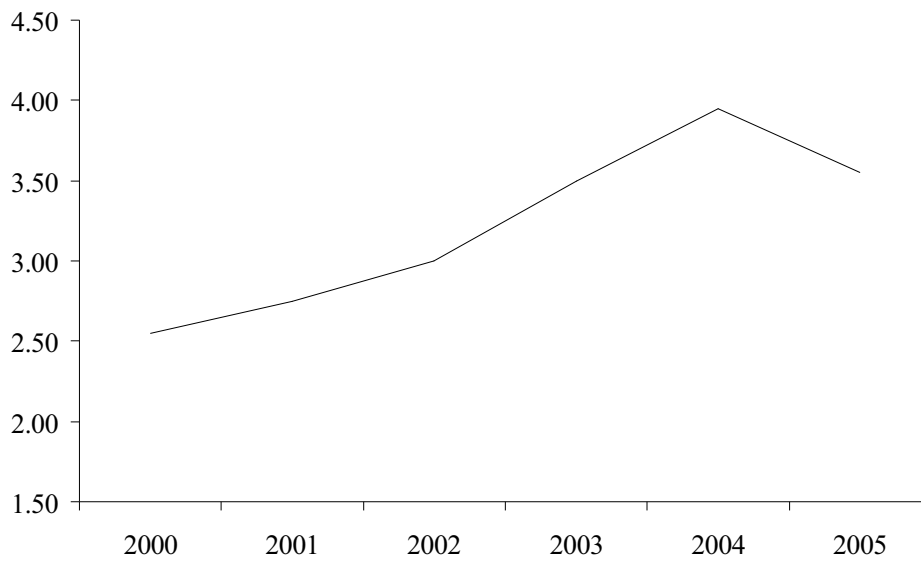
Si bien el porcentaje de desocupación pudiera no ser un indicador muy preciso, algunos otros resultados de la ENOE muestran un fenómeno muy interesante. Por ejemplo, la distribución de desocupados según grado de instrucción revela que son mayoría los que tienen estudios superiores. Otro dato es que el desempleo ha afectado en mayor medida a los jóvenes. El Programa Nacional de la Juventud 2002-2006 resalta que históricamente el desempleo afecta más a los jóvenes pues las tasas de desempleo de éstos duplican y hasta triplican las de los adultos. La falta de trabajo afecta más a la población de entre 12 y 24 años, que de 25 a 29.

---

<sup>8</sup> Mattar (2008).

<sup>9</sup> Negrete (2001).

Tasa mensual de desempleo en el periodo 2000 – 2005 (%)



Fuente: INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y empleo.

Cabe señalar sobre las estadísticas del empleo inscrito en el seguro social que existen significativas diferencias entre el empleo permanente y eventual. De la totalidad de los 17 millones empleos asegurados en 2006, solo 64% es permanente, mientras 13% es empleo eventual y 23% se refiere a otro tipo de empleo que incluye en especial a estudiantes. Así, mientras que el empleo eventual aumentó en 2005 en 6.7% y bajo el rubro de otros en un 11%, el empleo permanente apenas si lo hizo en un 1.2%. Esto es de la mayor relevancia y refleja una de las más profundas tendencias de la economía mexicana: su falta de generación de empleo formal.

La participación del empleo permanente inscrito al IMSS se ha reducido de 86% del total en 1994 a 64% en 2006. Bajo esta perspectiva, de 2000 a 2005 apenas si se crearon 1.8 millones de empleos inscritos al IMSS, de los cuales, 10% fueron de carácter eventual.<sup>10</sup> Estas cifras ilustran el gran declive que muestra el empleo formal el cual en tan solo 12 años disminuyó 34%.

<sup>10</sup> Mattar (2008).

## 2 El Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)

Hasta 1969 la variación de precios se medía con base en el Índice de Precios al Mayoreo de la Ciudad de México. Justamente en ese año el Banco de México inicia la medición mensual de precios a través del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), tomando como base el año anterior y una ponderación de acuerdo a la Encuesta de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) de 1963.

1970 fue el primer año en que se midió el incremento de precios con esta nueva metodología. Posteriormente, en 1978 se modificó la base de comparación pero la referencia de la ENIGH de 1963 siguió utilizándose. En 1980 se tiene una nueva modificación, fijándose como base el propio año y tomando como base de ponderación la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) de 1977. La siguiente modificación se realizó en 1994, los ponderadores tuvieron su base en la ENIGH de 1989. La más reciente modificación se realizó en 2002, tomando como base la segunda quincena de junio y los ponderadores tomados de la ENIGH de 2000.

Actualmente el INPC incluye 580 conceptos agrupados en 315 genéricos, que son todos aquellos que registran cuando menos una participación de 0.02% en el gasto total medido por la ENIGH. La medición se realiza en las 46 ciudades de mayor importancia en el país.<sup>11</sup>

### 2.1 Los Números Índice

Las comparaciones entre los valores de una variable pueden realizarse de distintas formas. Las más simples son las que se llevan a cabo por diferencia o aquellas que se realizan por cociente. Estas segundas tiene la ventaja frente a las primeras que eliminan el problema de las unidades de medida. Este procedimiento, aunque no adolece de ese problema, no deja de estar afectado por otros, como el de elegir y actualizar la unidad de referencia para realizar las comparaciones, pues es natural que con el paso del tiempo dicha unidad de referencia pierda vigencia y consecuentemente la medición vea una disminución en su calidad. Esto último se debe a que el procedimiento es tan solo una representación de la realidad que es dinámica.

Este problema de la comparación estadística se resuelve mediante el uso de números índices. En general se dice que un número índice es aquella medida estadística que permite estudiar las fluctuaciones o variaciones de una sola magnitud o de más de una en relación al tiempo.<sup>12</sup> Los índices más habituales son los que realizan las comparaciones en el tiempo, por lo que, los números índices son en realidad series de tiempo.

---

<sup>11</sup> Banco de México (2002).

<sup>12</sup> DeLong (2002).



Mediante los números índice se comparan siempre dos situaciones, una de las cuales se considera de referencia. A la situación inicial, cuando las comparaciones son temporales, se le conoce como periodo base, frente al periodo corriente o actual con el que se realiza la comparación. En la construcción de un número índice se le asigna al periodo de referencia el valor 100. Esto implica que los números índices no son otra cosa que porcentajes; se trata pues de la variación porcentual de cada valor de la magnitud con respecto al valor de referencia o base.

Formalmente, un índice, para una variable concreta ( $y$ ), se define de la manera siguiente:

$$I'_0 = \frac{y_t}{y_0} \times 100$$

Donde:

$y_t$  e  $y_0$  son dos valores concretos de la variable  $y$ .

El primero de los valores corresponde al momento actual ( $t$ ) y el segundo al momento inicial de la serie ( $t=0$ ).

Para el cálculo de índices de precios, los cuales involucran cantidades ( $q$ ) y precios ( $p$ ) de bienes a lo largo del tiempo básicamente se usan dos métodos:

- Índices de Paasche, calculados de la siguiente manera:

$$I = \frac{\sum_i p_{it} q_{it}}{\sum_i p_{i0} q_{it}}$$

Dado  $i$  como cada bien contemplado dentro del índice, se tiene:

$p_{i0}$  como el precio del bien  $i$  en el momento inicial

$p_{it}$  como el precio del bien  $i$  en el momento actual

$q_{it}$  como la cantidad del bien  $i$  en el momento actual

Con fines prácticos la ecuación anterior se convierte en:

$$I = \frac{\sum_i w_{it}}{\sum_i \frac{p_{i0}}{p_{it}} w_{it}}$$

con  $w_{it}=p_{it}q_{it}$ <sup>13</sup>

Este es un promedio ponderado por las cantidades de cada bien en el momento  $t$ .

- Índices de Laspeyres, su fórmula es la siguiente:

$$I = \frac{\sum_i p_{it} q_{i0}}{\sum_i p_{i0} q_{i0}}$$

Igual que en el caso anterior, suponiendo que  $i$  es cada bien contemplado dentro del índice, se tiene:

$p_{i0}$  como el precio del bien  $i$  en el momento inicial  
 $p_{it}$  como el precio del bien  $i$  en el momento actual  
 $q_{i0}$  como la cantidad del bien  $i$  en el momento inicial

Para su uso práctico la ecuación anterior se transforma en la siguiente:

$$I = \frac{\sum_i \frac{p_{it}}{p_{i0}} w_{i0}}{\sum_i w_{i0}}$$

Donde:

$$w_{i0}=p_{i0}q_{i0}$$

Este es un promedio ponderado por las cantidades de cada bien en el momento inicial.

Aunque ambos tipos de índices intentan medir lo mismo en la práctica casi todos los índices de precios se calculan mediante un índice de tipo Laspeyres, porque la información sobre las ponderaciones de las diferentes cantidades en los gastos totales provienen de estudios que no se hacen cada año y este tipo de índices dependen

<sup>13</sup> La sustitución  $w_{it}=p_{it}q_{it}$  en el numerador del cociente es inmediata, para el denominador se tiene:

$$\sum_i p_{i0} q_{it} = \sum_i p_{i0} q_{it} \frac{p_{it}}{p_{it}} = \sum_i \frac{p_{i0} q_{it} p_{it}}{p_{it}} = \sum_i \frac{p_{i0}}{p_{it}} w_{it}$$

El cálculo es análogo para el caso de los índices de Laspeyres.

únicamente de la ponderación del momento inicial a diferencia de un índice de tipo Paasche que usa las ponderaciones de cada momento  $t$ . Por lo tanto, el índice Laspayres es más barato de calcular debido al gran número de productos requeridos.

## **2.2 Construcción del INPC**

El Banco de México define al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) como un indicador económico de gran importancia, cuya finalidad es la de medir a través del tiempo la variación de los precios de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares.

El INPC es el instrumento estadístico por medio del cual se mide la inflación entendiendo por ésta, el crecimiento continuo y generalizado de los precios de los bienes y servicios que se expenden en una economía.<sup>14</sup>

Dicha medición es un reto técnico complejo por varias razones: por el número tan grande de precios que existe en la economía; por la necesidad de tener una cobertura lo más amplia posible de los gastos que realizan los agentes económicos; porque los bienes y servicios se expenden a todo lo largo y ancho del territorio nacional, dificultando la cobertura geográfica; y porque los precios no cambian simultáneamente, ni avanzan todo el tiempo a la misma velocidad. Debido a lo anterior, la construcción del INPC y sus cálculos se realizan con base en procedimientos muestrales. Estos se apoyan en el principio fundamental de la estadística inferencial, de que no es necesario estudiar toda una población para saber su composición.

Los componentes del INPC pueden agruparse básicamente en:

- Alimentos elaborados
- Bienes administrados y concertados
- Medicamentos

Para la elaboración del INPC se hace un seguimiento continuo de los precios de productos específicos. Sin embargo, para fines de cálculo del INPC estos específicos se agrupan para formar conjuntos aproximadamente homogéneos de bienes y servicios que se denominan genéricos. Estos últimos constituyen la menor unidad de ponderación dentro del INPC. En la práctica, cada mes se recopilan 170,000 cotizaciones de productos específicos que se agrupan en 315 conceptos genéricos. Por ejemplo: el genérico automóviles, para el dato del genérico “automóviles”, se investigan los precios de las diferentes marcas y modelos (específicos).

Adicionalmente el cálculo del INPC considera cuatro estratos diferentes de acuerdo con el nivel de ingreso de los hogares. Estos grupos son:<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Banco de México (2002).

<sup>15</sup> Banco de México (2002).

Estrato 1: Hogares con ingresos menores que un salario mínimo.

Estrato 2: Hogares con ingresos entre uno y tres salarios mínimos.

Estrato 3: Hogares con ingresos entre tres y seis salarios mínimos.

Estrato 4: Hogares con ingresos mayores que seis salarios mínimos.

Para cada uno de los grupos anteriores se calcula un índice, el cual considera las particularidades del consumo de su estrato específico. Así, por ejemplo, servicios como el transporte colectivo tienen mayor peso para el cálculo del índice del estrato 1 que para el del estrato 4, análogamente el consumo de gasolina y automóviles tiene un mayor peso en el estrato 4 que en el estrato 1.

Es posible consultar los índices por estrato en el ámbito nacional. Asimismo, éstos pueden conocerse también por región. En el ámbito nacional, se calculan índices por estrato de ingreso clasificados por objeto del gasto, es decir, para cada uno de los ocho grandes grupos de bienes y servicios.<sup>16</sup>

## **2.2.1 Representatividad**

El sistema del INPC se integra de 46 ciudades y áreas metropolitanas agrupadas en siete regiones. A su vez, por su tamaño, las ciudades se clasifican en pequeñas, medianas y grandes. De esta manera se calculan índices de precios para cada una de las siete regiones en que se divide el territorio nacional y para las 46 ciudades que conforman el sistema, así como para cada tamaño de localidad.<sup>17</sup>

Cabe señalar que al menos en una ciudad de cada estado se recoge información para el cálculo del INPC. De esta manera se asegura la representatividad espacial del INPC, ya que se toman en consideración todos los estados de la república.

Para garantizar la representatividad de los precios que intervienen en el cálculo del INPC se realiza una selección de fuentes de información en cada una de las 46 ciudades de cotización. Estas fuentes son normalmente tiendas, comercios y prestadores de servicios ampliamente preferidos por los consumidores. Una vez elegidos los establecimientos se lleva a cabo una investigación de marcas y presentaciones para seleccionar los productos específicos de cuyo precio se hace un seguimiento recurrente.

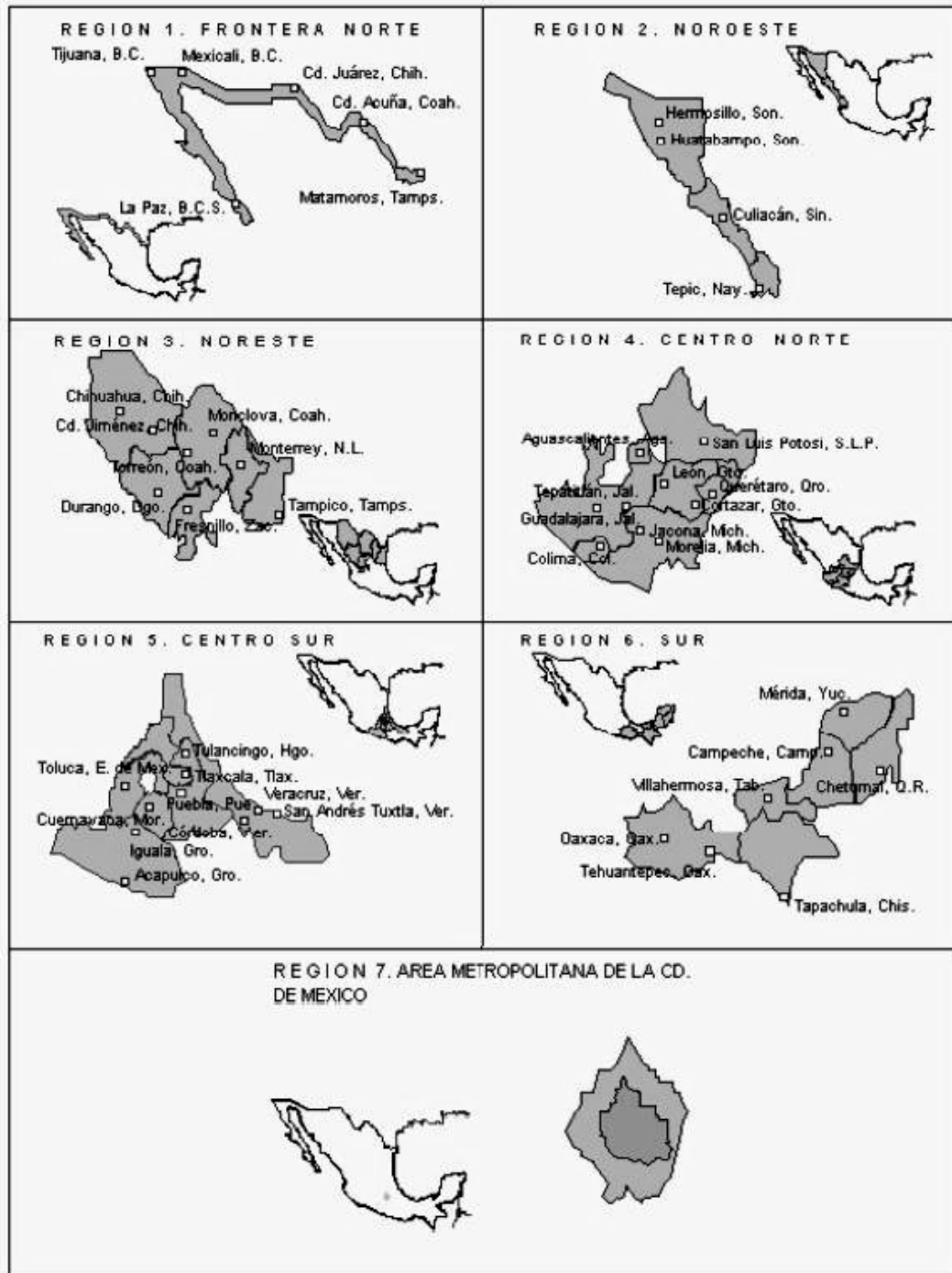
La selección de los servicios se realiza con base en la opinión de los informantes que escogen a los más representativos. Los precios que se recaban pasan por un proceso de revisión y, si es necesario, de verificación. De esta manera, se garantiza que las cotizaciones que intervienen en el cálculo del INPC son los precios vigentes en el mercado.

---

<sup>16</sup> Ver categorías en que se divide la Canasta Básica, sección 2.3.2

<sup>17</sup> Banco de México (2002).

Las 7 regiones en que se divide el territorio nacional son:



Fuente: Banco de México

## **2.2.2 Publicación y difusión**

El Banco de México publica el nivel del INPC en el Diario Oficial de la Federación los días 10 y 25 de cada mes o, en su caso, el día hábil inmediato anterior. Un día previo a esta publicación, la información se difunde en la página electrónica de la Institución: [www.banxico.org.mx](http://www.banxico.org.mx).

También se cuenta con el siguiente teléfono de consulta: (55) 5237-2404. Además de la publicación quincenal del INPC, también se cuenta con una mensual, que se divulga el día 10 de cada mes. Cabe señalar que el dato del INPC mensual y del quincenal es un promedio del periodo respectivo.

## **2.3 Elaboración del INPC**

El INPC está formado por genéricos que agrupan bienes y servicios de características similares. El primer paso, es entonces la identificación de dichos genéricos, ésta se realiza con base en una encuesta con cobertura nacional que levanta el INEGI. Dicho estudio es la ya citada Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). La encuesta toma en cuenta los ingresos de los hogares mexicanos y cómo distribuyen su gasto.

El siguiente paso es la obtención de información, tarea que debido a las dificultades anteriormente citadas se lleva a cabo mediante técnicas de muestreo.

Una vez obtenidos los precios vigentes, con la estructura de ponderaciones del gasto familiar de los hogares mexicanos se procede a calcular el INPC. El cálculo del INPC va de lo particular (genéricos) a lo general (INPC agregado).

### **2.3.1 La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH)**

Las encuestas de ingresos y gastos de los hogares se realizan en México desde hace poco más de cincuenta años: la primera se realizó en 1956. A partir de 1984, el INEGI tomó la responsabilidad de llevar a cabo esta encuesta e inauguró una nueva generación de encuestas relativas al ingreso y al gasto de los hogares. A partir de entonces se han realizado doce encuestas: 1984, 1989, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006 y 2008.

La ENIGH tiene como objetivo dar información sobre: el ingreso que obtienen los hogares y de dónde proviene, en qué gastan este ingreso los hogares, para contextualizar el ingreso y el gasto, las características de los hogares, características demográficas, sociales y ocupacionales de las personas que integran los hogares, algunas características de las viviendas que habitan los hogares.

Inicialmente el diseño de la ENIGH obedeció a la necesidad de proporcionar información que permitiera actualizar los ponderadores del Índice Nacional de precios al Consumidor. Sin embargo, la información que recolecta esta encuesta se ha utilizado para diversos estudios. En los últimos años la ENIGH ha cobrado mayor relevancia por ser la fuente de información que se utiliza para la medición de la pobreza.

## **2.3.2 La canasta básica**

La canasta básica es un subconjunto de la canasta de bienes y servicios del Índice Nacional de Precios al Consumidor.

Los bienes y servicios que conforman la canasta básica fueron seleccionados por los representantes de los sectores firmantes del Pacto para la Estabilidad y el Crecimiento Económico a finales de 1988. El objetivo de conocer el comportamiento de los precios de los bienes y servicios que conformaron la mencionada canasta era garantizar el cumplimiento de los acuerdos que sobre los precios de bienes y servicios del sector público y privado los participantes del pacto iban estableciendo. El Banco de México recibió la encomienda de medir y publicar este indicador.<sup>18</sup>

La canasta básica considera 80 genéricos, que se agrupan en ocho categorías, de acuerdo con la forma en que los consumidores distribuyen su gasto:

- Alimentos, bebidas y tabaco
- Ropa, calzado y accesorios
- Vivienda
- Muebles, aparatos y accesorios domésticos
- Salud y cuidado personal
- Transporte
- Educación y esparcimiento
- Otros servicios

## **2.3.3 La ponderación**

El cálculo del INPC está relacionado con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). La información que se usa para medir la importancia relativa de los genéricos dentro de la canasta de INPC se obtiene a partir dicha encuesta la cual es levantada por el INEGI en los hogares y tiene cobertura nacional. Así, el gasto

---

<sup>18</sup> Banco de México (2002).

que la ENIGH asocia con cada bien o servicio se compara contra el gasto total de las familias. De esta comparación se obtiene un cociente mediante la siguiente fórmula:<sup>19</sup>

$$\omega_i = \frac{\text{Gasto en genérico}_i}{\text{Gasto total}}$$

Estos cocientes indican la importancia relativa o el peso de cada bien o satisfactor dentro de los gastos de las familias mexicanas. A su vez, cada uno de esos porcentajes tiene una correspondencia con los genéricos del INPC. Por tanto, los pesos así estimados determinan el impacto que tendrá un cambio en el precio de un genérico dentro del presupuesto familiar. Así, por ejemplo, un aumento en el precio de la sal tiene menor incidencia sobre el presupuesto familiar que un aumento en el precio de los refrescos. Ello, aún cuando el de la sal fuese de 30 por ciento y el de los refrescos de tan sólo 5 por ciento.

A cada uno de esos pesos relativos se le conoce como ponderación y al conjunto de todos esos pesos relativos se le denomina estructura de ponderaciones.

Estructura de ponderaciones 2002

Categoría	Genéricos	$\Sigma\omega_i$
Alimentos, bebidas y tabaco	122	22.7416
Ropa, calzado y accesorios	39	5.5922
Vivienda	14	26.4099
Muebles, aparatos y accesorios domésticos	42	4.8567
Salud y cuidado personal	40	8.5777
Transporte	21	13.4056
Educación y esparcimiento	30	11.5365
Otros servicios	7	6.8798
Total	315	100.0000

Fuente: Banco de México

## 2.3.4 Actualización del año base

La actualización de la canasta y de la base de ponderaciones del INPC es una necesidad para garantizar una medición lo más precisa posible de la inflación. Adicionalmente, cabe mencionar que la situación económica por la que atravesó México en 1995 y la posterior recuperación, dieron lugar a una alteración de los patrones de consumo de las familias. Esta modificación debe ser tomada en cuenta para llegar a una medición más adecuada de la inflación en el país.<sup>20</sup>

En México se han hecho cuatro cambios de base 1978, 1980, 1994 y 2002. Siendo esta última la única vez en que el cambio de la base de comparación coincide

<sup>19</sup> Banco de México (2002).

<sup>20</sup> Banco de México (2002).



con el de la estructura de ponderaciones. En las experiencias anteriores, la actualización de la base de comparación se realizó de manera adelantada con respecto al año de cálculo de los ponderadores. En esta última, el cambio simultáneo fue posible porque el INEGI, facilitó al Banco de México, la información necesaria para llevar a cabo esta modificación. El proceso de diseño de la nueva base cuenta en su totalidad con la certificación de calidad ISO-9001.

### **2.3.5 El cambio de base del año 2002**

La instrumentación del cambio de base del año 2002 se fundamentó en la idea de que la estimación de la inflación ya no sólo depende de la representatividad de los precios involucrados, sino también de la actualidad o vigencia del resto de los componentes del indicador, como son la canasta, la estructura de ponderaciones y el sistema de cálculo implícito (mecanismo de agregación). Más aún, se sostiene que cuando la inflación se calcula con componentes que han perdido su vigencia (es decir, con componentes obsoletos) el procedimiento puede redundar en una medición deficiente del fenómeno. Obviamente lo anterior ilustra y determina la necesidad de contar con una estrategia que contribuya a garantizar una mayor exactitud de la medición.

Dicho proceso parte de la idea relativa a la necesidad de contar con componentes (canasta, ponderadores y precios), que reflejen con la mayor actualidad posible las preferencias de los consumidores. Esto implica conocer lo que los hogares compran, en qué cantidades lo hacen y dónde lo hacen. La actualización de los procedimientos de cálculo es también deseable y contribuye a que se tenga una estimación más precisa.

Según Dean Baker en el informe Boskin el cual analiza la exactitud del CPI21 de los Estados Unidos, específicamente en el volumen *Getting Prices Right* publicado en 1999, a medida que los ponderadores del INPC se alejan de su período base, la medición resultante tiende a sobreestimar el incremento promedio. Esta diferencia puede ser poco significativa en un punto en el tiempo, pero dado que se vuelve sistemática en periodos sucesivos tiende a generar un mayor sesgo acumulado. Lo anterior debe evitarse para no enviar señales desorientadoras sobre la evolución de los precios. A su vez, ello podría dar lugar a que se tomaran medidas de política económica erróneas. Otra consecuencia es que se exageraría la magnitud del deterioro del poder adquisitivo de los ingresos fijos, además de ampliarse artificialmente la estadística de hogares extremadamente pobres que existen en el país.<sup>22</sup> Lo anterior se debe a que simplemente con el paso del tiempo el consumo de un mismo bien va disminuyendo y al permanecer en la estructura de ponderadores reportando cada vez menos consumo, pareciera que la población lo consume menos por falta de dinero.

El sesgo potencial que contiene un índice de precios con una canasta y ponderadores que han perdido su vigencia se explica por las siguientes razones: no

---

<sup>21</sup> Consumer Price Index.

<sup>22</sup>

<http://www.banxico.org.mx/polmoneinflacion/estadisticas/indicesPrecios/CambioBaseINPC.pdf> páginas 5 y 6.

refleja adecuadamente la transformación de la estructura del consumo causada por los cambios de precios relativos; no se captan las modificaciones en los patrones de consumo de los hogares derivados de las transformaciones económicas y sociodemográficas que éstos experimentan a través del tiempo; no se incorporan los cambios en las preferencias de los consumidores que tienen su origen en la aparición en el mercado de productos y servicios novedosos; y no se estima con precisión la variación en el costo que enfrentan los consumidores, como consecuencia de la mejora constante de las cualidades físicas, de rendimiento y de comercialización de los bienes y servicios que se ofrecen en el mercado.

El sesgo de un índice de precios calculado a partir de componentes desactualizados es una proposición lógica, pero de difícil cuantificación. Como es sabido, en economía no es posible esperar relaciones determinísticas absolutas. El fenómeno es muy complejo, pero si se supone que el consumidor es racional, es decir, que tiende a maximizar el rendimiento de un presupuesto limitado, que busca la satisfacción objetiva y subjetiva de sus necesidades al menor costo y que es afecto a la innovación, puede concluirse lo siguiente: un indicador de la inflación cuyos componentes no se actualizan puede, en general, arrojar resultados por encima del incremento real de los precios.<sup>23</sup>

Otro sesgo potencial que se presenta en el cálculo del INPC es el relacionado con la sustitución de productos que integran un mismo concepto. Dicho sesgo se deriva del uso que se hace de la media aritmética para promediar los precios, lo cual supone implícitamente que no hay sustitución entre los productos, cuando en la realidad los consumidores comúnmente están buscando lo mejor al menor precio. Este problema se supera mediante el empleo de la media geométrica en los genéricos cuyos específicos tienen una elevada elasticidad de sustitución

Elemento fundamental para comprobar empíricamente el postulado referente al uso de componente desactualizados consiste en presentar evidencia respecto a que la composición del gasto de los hogares no es estática. Es decir, que dicho gasto se modifica a través del tiempo siguiendo reglas o principios de la teoría del consumidor. En el siguiente cuadro se presenta la evolución que han tenido en México los principales componentes de dicho gasto.

Estructura del gasto de los hogares

Categoría / Año	1963	1968	1977	1984	1989	1994	1998	2000
Alimentos, bebidas y tabaco	42.02	39.44	37.39	36.57	32.20	29.41	26.89	23.20
Ropa, calzado y accesorios	13.06	13.16	9.88	8.79	8.16	6.75	5.74	5.72
Vivienda	15.70	17.28	17.77	21.15	20.78	22.22	25.89	26.15
Muebles, aparatos y accesorios domésticos	5.43	7.29	6.21	5.29	7.35	5.69	5.27	5.38
Salud y cuidado personal	7.79	6.98	5.81	7.16	6.75	6.77	8.20	8.50
Transporte	5.85	6.58	11.30	11.49	12.85	15.19	13.68	13.72
Educación	1.96	1.98	2.09	2.85	3.58	4.72	5.63	6.60
Esparcimiento	3.45	3.49	3.67	2.34	2.20	2.94	2.68	4.22
Otros servicios	4.74	3.82	5.88	4.36	6.13	6.31	6.02	6.53
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Encuestas de Ingresos y Gastos de los Hogares: Banco de México(1963 y 1968), Secretaría de Programación y Presupuesto(1977) e INEGI (1984 en adelante).

<sup>23</sup> Banco de México (2002).

El cambio de base de un índice de precios implica dos procedimientos bien identificados: el cambio de base de comparación y el cambio de estructura de ponderaciones. En este sentido, el cambio aludido implica, por una parte, que el promedio de los precios observados durante la segunda quincena de junio de 2002 sea la referencia contra la cual se comparan los precios de la primera quincena de julio, es decir, será la nueva base de comparación. Por otra parte a partir de dicha quincena los ponderadores y la canasta de bienes y servicios del INPC corresponderán a la estructura del consumo de los hogares observada en el año 2000, pero actualizada mediante precios relativos a la quincena elegida para base. Resulta obvio que para lograr una medición óptima y congruencia entre la base de comparación y la estructura de ponderaciones ambos deben realizarse al menos en el mismo año, esto reflejaría de manera clara y sin ningún tipo de distorsiones en qué y cuánto gastan las familias mexicanas.

### **2.3.6 Cálculo del INPC**

Como se explicó anteriormente, en el momento en que se instrumentó el cambio de base a 2002, se hizo la actualización de los consumos realizados en 2000 (obtenidos en la ENIGH) vía precios relativos hasta la segunda quincena de junio de 2002. Esto con la finalidad de hacer posible el encadenamiento de la serie del INPC base 1994 con la serie base 2002, igualando de esta manera la base de ponderación con la de comparación.

Ya se mencionó que los índices de precios se calculan generalmente con una fórmula de ponderaciones fijas de tipo Laspeyres. Este es el caso del INPC en México. Una fórmula de ponderaciones fijas no capta el hecho de que los consumidores introducen ajustes en su canasta. Cuando se incorpora un cambio de base con fundamento en la información de una encuesta, es posible captar los referidos efectos sustitución para fines de la actualización de las ponderaciones del índice. Por tanto, lo que puede esperarse del encadenamiento del índice base 2002 con el anterior es que al plasmarse en los ponderadores de la nueva base, los ajustes que los consumidores han realizado en su canasta, se tenga una mejor medición del costo de la vida.

Una mejora adicional introducida en la metodología para el cálculo del INPC, consiste en la utilización de la media geométrica para obtener el precio promedio de los genéricos integrados por productos específicos que cuentan entre ellos con una elasticidad alta de sustitución. En particular, el anterior procedimiento se aplicó en los cálculos correspondientes al subíndice de alimentos, que es dentro del cual se encuentran los rubros con las mayores elasticidades de sustitución. Para los cálculos relativos al resto de los genéricos se seguirá usando la media aritmética.

## 3 La Inflación

La inflación es un fenómeno que deteriora el valor del dinero, pero ¿qué es el dinero? y ¿qué funciones desempeña dentro de la economía?. Las respuestas a estas preguntas proporcionan una base sólida para hacerse de una idea clara del alcance de este fenómeno.

### 3.1 El dinero

El dinero es un activo que es parte de la riqueza financiera de las personas. Se puede notar en consecuencia, que es una variable de stock. Sin embargo, el dinero es sólo una de las formas de poseer riqueza pero tiene la gran ventaja de que puede usarse en transacciones aunque la rentabilidad de este activo sea baja e incluso negativa como se verá más adelante.

Para que el dinero sea útil en las transacciones debe cumplir con el requisito de la liquidez. Existen otros activos, como por ejemplo una casa, la acción de una empresa que no son fácilmente liquidables y por eso no se usan para hacer transacciones. Sus principales funciones son:

(1) Es un medio de pago, esto se refiere a su característica básica, se puede usar para hacer transacciones, de modo que los bienes y servicios se intercambian por dinero. Pero el dinero no es el único medio de pago pues existen otros, por ejemplo las tarjetas de crédito también lo son pero contra una deuda en que incurre quien paga (y por tanto no es parte de sus activos) y que debe cancelar con dinero en el futuro.

(2) Es una unidad de cuenta, esto es, los precios de los bienes se expresan en términos de dinero. Tampoco en este caso el dinero es único, también existen otros tipos de unidades de cuenta. En algunos países existen unidades de cuenta indexadas al nivel de precios, o algunas destinadas a objetivos específicos como puede ser el pago de impuestos, éstas son un medio de protección ante las fluctuaciones del poder adquisitivo en pagos nominales. También el dólar se usa como unidad de cuenta, aun cuando no se pueda usar como medio de pago. Por lo tanto el dólar, y las monedas extranjeras en general, no constituyen dinero a no ser que sean ampliamente aceptadas por su uso o por ley.

(3 ) El dinero es un depósito de valor significa que se puede usar para acumular activos, es decir, para ahorrar y así transferir recursos hacia el futuro, aunque existen muchos otros instrumentos financieros que rebasan al dinero como vehículo para ahorrar, como por ejemplo las cuentas bancarias de ahorro, o los depósitos de plazo cuya rentabilidad es superior.

Se define entonces al dinero como un activo que cumple con las funciones de medio de pago, unidad de cuenta y depósito de valor; y que es ampliamente aceptado y usado para hacer transacciones.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> De Gregorio (2007).

### 3.1.1 Dinero y liquidez<sup>25</sup>

Se puede clasificar al dinero de acuerdo al grado de su liquidez. Así, se define  $M1$  como el dinero con mayor liquidez, sigue  $M2$ , para terminar con  $M3$  que incluye activos financieros menos líquidos. Dependiendo del país y de las características particulares de su sistema financiero se pueden definir  $M4$  y más, para llegar a la totalidad de los activos financieros.

$M1$  está constituido por los billetes y monedas en circulación, o circulante  $C$  y los depósitos a la vista,  $D_v$ , que son depósitos que pueden ser liquidados rápidamente y con los cuales se puede hacer transacciones, ejemplos de éstos pueden ser un cheque o un vale, se tiene entonces:

$$M1 = C + D_v$$

Para llegar a  $M2$ , a  $M1$  se le agregan los depósitos de plazo  $D_p$ , dentro de los cuales figuran por ejemplo depósitos bancarios a plazos de 90 ó 120 días, en los que no hay disponibilidad. A pesar de que este tipo de depósitos son líquidos es más difícil realizar pagos con ellos, usualmente se utilizan para pagar montos elevados, en consecuencia se tiene:

$$M2 = M1 + D_p = C + D_v + D_p$$

De manera genérica se dice que:

$$M = M1 + M2 + M3 + \dots$$

y

$$D = D_v + D_p$$

$M$  y  $D$  representan la totalidad de los activos financieros y depósitos de la economía respectivamente.

---

<sup>25</sup> De Gregorio (2007).

### 3.1.2 La creación de dinero<sup>26</sup>

Hay un concepto importante de comprender. Éste es el de emisión  $H$ . Por ley el banco central es quien puede imprimir billetes y acuñar monedas de curso legal, o sea que deben ser aceptados de manera obligatoria como medio de pago. El banco central tiene el monopolio de la emisión. Si se supone que los bancos comerciales son simplemente lugares donde se hacen depósitos y que además no hacen préstamos, es decir solo certifican los depósitos realizados por el público, toda la emisión se encuentra circulando o en forma de depósitos. Es decir:

$$H = M = C + D$$

Pero este supuesto no se aplica en la realidad porque los bancos comerciales si pueden prestar los depósitos que reciben, ellos fungen como “intermediarios” de fondos. Sin embargo, estos bancos están obligados a mantener una parte de sus depósitos en la forma de reservas, y el resto lo pueden prestar. Esto con el fin de mantener la solidez del sistema bancario; pues al actuar como intermediarios entre depositantes y deudores, los bancos deben estar en posibilidad de devolver a los clientes sus depósitos. Las reservas o encaje  $R$ , son un porcentaje de los depósitos:

$$R = \theta D$$

Donde:

$$0 < \theta < 1$$

Existe un mínimo legal para este encaje. Pero dado que mantener reservas tiene un costo de oportunidad, generalmente el encaje es igual a su mínimo.

Los activos del banco central están compuestos por las reservas internacionales que están depositadas en moneda extranjera en el exterior, luego el crédito interno, que es el otorgado por el banco central a instituciones financieras, también puede tener deuda del gobierno (que es pasivo del gobierno). Por el lado de los pasivos está la emisión (que es un activo del público) y el encaje (que es un activo de los bancos). Además de todo esto puede tener deuda. Ejemplo de este tipo de deudas pueden ser préstamos otorgados por otros gobiernos o por organismo internacionales como el Fondo Monetario Internacional.

El sistema financiero le presta al sector privado, al banco central y al gobierno, y además de otros activos tiene las reservas de encaje depositadas en el banco central. En cuanto a los pasivos le debe al banco central el crédito interno y al público los depósitos. Finalmente el sector privado y no financiero tiene en sus pasivos la deuda del gobierno y la deuda del sector privado con los bancos y en sus activos tiene el dinero  $M$ , y el resto de sus activos.

Existen muchos detalles, que dependen en gran medida de las características institucionales del banco central así como del grado de desarrollo del mercado financiero de cada economía. Pero en general, según José de Gregorio la forma de crear dinero

---

<sup>26</sup> De Gregorio (2007).

(emisión) se divide en dos grandes categorías: operaciones de cambio y operaciones de crédito interno.

1. Operaciones de cambio. Si el banco central compra moneda extranjera la cambiará por moneda doméstica. Esto significa que la cantidad de dinero aumentará. El banco central está aumentando sus reservas internacionales, con el correspondiente aumento en el circulante,  $C$ .
2. Operaciones de crédito interno. Esto corresponde a todas las demás actividades que involucran directamente cambio de las reservas internacionales. Hay muchas maneras de hacer crédito interno, las más importantes son:
  - La forma más simple sería emitir, crear circulante  $C$ , y repartiéndolo entre el público, situación que es poco probable en la realidad pero que suele utilizarse en modelos teóricos para suponer un aumento de la cantidad de dinero sin ninguna repercusión.
  - Otorgar crédito a los bancos, así éstos tendrían recursos para prestar al público. Una parte de estos recursos quedaría como circulante y otra en forma de depósitos. Esta opción tampoco es muy socorrida porque hay que decidir el quién recibe el dinero y en qué condiciones, sin mencionar que el banco central estaría asumiendo el riesgo del crédito, lo que lo convertiría prácticamente en un banco comercial, dejando de lado su papel de autoridad monetaria. A pesar de todo lo anterior esta situación se lleva a la práctica bajo condiciones excepcionales.
  - Operaciones de mercado abierto. Consiste en comprar y vender instrumentos financieros a cambio de dinero. Por ejemplo, si el banco central desea expandir la cantidad de dinero puede comprar a cambio de emisión, deuda del gobierno. Con esto se expande la base monetaria. También se puede dar el caso de que el banco central emita sus propios títulos de deuda con el propósito de afectar la cantidad de dinero, colocando éstos mediante una licitación. El banco central cambia emisión por deuda del mismo, los bancos aumentarán sus préstamos lo que definitivamente de traduce en más circulante y depósitos, aumentando así la cantidad de dinero. En el caso opuesto si se quiere reducir la cantidad de dinero, el banco central venderá deuda a cambio de dinero, con lo cual los activos disponibles de los bancos para prestar se verán reducidos.

Además de todo lo anterior, el banco central puede aumentar la cantidad de dinero permitiendo que el encaje sea menor, sin embargo este método sólo se utiliza en ocasiones excepcionales o en economías donde no hay instrumentos que permitan manipular la liquidez.

### 3.1.3 La teoría cuantitativa del dinero y la inflación<sup>27</sup>

La Teoría Cuantitativa del dinero debe su formulación a Irving Fisher y después fue revitalizada por Milton Friedman, quien sostuvo que la inflación es un fenómeno monetario.

Se tiene la siguiente ecuación:

$$MV = Py$$

Donde:

$$M = M1 + M2$$

$V$  es la velocidad de circulación

$P$  es el nivel de precios

$y$  es el PIB real

Es claro que el lado derecho de la ecuación representa el PIB nominal  $Y$ . La idea de la ecuación es que el PIB nominal representa el total de transacciones que se realizan en la economía. Éstas se realizan con dinero, el cual “circula” varias veces dentro de la economía.

Rigurosamente la ecuación no representa el PIB nominal sino las transacciones nominales, las cuales superan al primero en varias veces, ya que hay bienes que se negocian varias veces, hay insumos no incluidos en el PIB, etc. Sin embargo se supone que las transacciones son proporcionales al PIB.

Se considera a dicha ecuación como una relación de equilibrio de la cual se desprenden varios supuestos:

El nivel de precios en la economía está determinado por la cantidad de dinero:

$$P = \frac{MV}{y}$$

Si la cantidad de dinero sube dado que la velocidad de circulación ( $V$ ) y el PIB real ( $y$ ) no cambian, el nivel de precios aumentará proporcionalmente.

Tómese de nuevo la primera ecuación, logdiferenciando se tiene:

$$MV = Py$$

$$\ln MV = \ln Py$$

$$\ln M + \ln V = \ln P + \ln y$$

---

<sup>27</sup> De Gregorio (2007).



$$\frac{dM}{M} + \frac{dV}{V} = \frac{dP}{P} + \frac{dy}{y}$$

luego, aproximando  $dM$  con  $\Delta M$ , y análogamente para  $V$ ,  $P$  e  $y$ :

$$\frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta y}{y}$$

y por último, suponiendo que efectivamente el producto crece con el tiempo y manteniendo el supuesto de que la velocidad es constante, se llega a:

$$\pi = \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta M}{M} - \frac{\Delta y}{y}$$

En una economía sin crecimiento la tasa de inflación  $\pi$ , es igual a la tasa de crecimiento de la cantidad de dinero. Cuando hay crecimiento, hay espacio para que la tasa de crecimiento de la cantidad de dinero sea positiva sin que haya inflación, puesto que el aumento de las transacciones en la economía lleva a un aumento de la demanda por dinero que es absorbido sin necesidad de que suban los precios.

La última ecuación muestra claramente que la inflación es un fenómeno monetario. Si la cantidad de dinero crece rápidamente, sin haber cambios de velocidad ni de producto, habrá más dinero persiguiendo la misma cantidad de bienes. Cuando hay mucho dinero para una cantidad dada de bienes, los precios aumentan pues el valor del dinero se ha deteriorado. En otras palabras: la inflación es el resultado de que haya mucho dinero persiguiendo pocos bienes.

Basado en la idea de una velocidad constante y la ecuación cuantitativa, Friedman propuso que como regla de política monetaria se siguiera una regla de crecimiento constante de la cantidad de dinero consistente con el objetivo de la inflación.

## 3.2 Los costos de la inflación

La inflación es, un fenómeno que deprecia el valor del dinero. Es claro que si el público quisiera mantener el valor de sus saldos intacto debería además de acumular su dinero, agregar un cierto porcentaje de éste. Dicho de otra manera, habiendo inflación, las adiciones de dinero nominal para mantener el stock de dinero real constante corresponden al llamado *impuesto inflación*.

Se define entonces al impuesto inflación como la pérdida de capital por parte de quienes tienen dinero como producto de la inflación.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> De Gregorio (2007).

La inflación se clasifica en anticipada y no anticipada. La inflación anticipada está incorporada a las expectativas y a las conductas del público antes de que ésta ocurra, la población está medianamente preparada para enfrentarla. Sucede lo contrario con la inflación no anticipada, pues se presenta antes de que el público tome previsión alguna.

Para ilustrar la inflación anticipada tómesese por ejemplo el caso de que en una economía después de un periodo con inflación prácticamente nula se pronostica un periodo con inflación alta. Todos tomarán en cuenta esta predicción para hacer sus planes, deudores y acreedores. El arrendamiento de viviendas se ajustará, los contratos laborales negociados deberán estipular aumentos de salarios que reflejen la inflación. En general, todas las decisiones económicas incorporarán la expectativa de un alza en los precios. A pesar de que la inflación es esperada tiene costos. El primero y más evidente es el impuesto inflación. Si se espera un aumento en el comportamiento de la inflación, esto se traduce en un aumento en tasas de interés y esto aumenta el costo de oportunidad de mantener saldos. Así las personas reducen el importe de sus saldos, van más seguido al banco y corren a comprar para llevar cierta ventaja frente al alza de precios. Los agentes económicos hacen transacciones financieras más complicadas para reducir sus saldos monetarios reales. También es posible que asignen una parte de su riqueza a bienes durables para protegerse del impuesto inflación. Todos estos esfuerzos suponen costos reales, entre más alta sea la inflación, mayor es el costo. El resultado es simple y sencillamente una pérdida de bienestar que no es menor.

Otro efecto de la inflación anticipada de naturaleza un poco más práctica, es el inconveniente de tener que ajustar los precios a la inflación. Por ejemplo los restaurantes: tienen que subir el precio de los platos que aparecen en su menú y deben imprimir nuevas cartas cada vez que los precios de los insumos aumentan. También hay un costo real de cambiar los precios en las máquinas expendedoras automatizadas, en los teléfonos públicos cada vez que varían los precios nominales. Los propietarios tienen que gastar en recursos reales, como personal técnico, servicios de transporte y demás para modificar precios.

Otro de los efectos de la inflación es el reducir los ingresos tributarios cuando hay rezagos en el pago de impuestos por parte de la población.

Por otro lado, los países que presentan altas inflaciones también tienden a mostrar mayor variabilidad en su comportamiento, como es el caso de México (ver sección 3.6). En general hay una correlación positiva entre el nivel de la inflación y la variabilidad de ésta. Cuando los cambios en la inflación son frecuentes y marcados, la inestabilidad dificulta el pronóstico de los cambios en los precios aunque sea en el futuro inmediato. Este problema no se limita a los países en desarrollo. Durante los años setenta y ochenta, la mayoría de los países industrializados experimentó un aumento tanto en el nivel como en la variabilidad de la inflación. Al haber mayor variabilidad, la inflación tiende a mostrar un componente no anticipado más grande.

Los principales efectos de una inflación no anticipada son redistributivos. Una inflación sorpresiva provoca transferencias de ingreso y riqueza entre distintos segmentos de la población. Considérese un contrato crediticio entre un acreedor y un deudor que especifica una tasa de interés nominal del 10%, la cual se basa en una inflación baja. Ahora supóngase que la inflación resulta anormalmente alta. ¿Quién gana y quién pierde?. Claramente gana el deudor, ya que pensó que tendría que pagar una cierta tasa de interés y en realidad pagará una tasa de interés real más baja. En esencia obtiene un crédito más barato. El acreedor recupera una cantidad menor del préstamo original ya que el interés apenas compensará la inflación. De aquí se obtiene la primera conclusión: los aumentos

imprevistos en la inflación redistribuyen la riqueza de acreedores a deudores, mientras que las reducciones imprevistas en la inflación la redistribuyen en sentido contrario.<sup>29</sup>

Pero este principio no sólo se aplica a los préstamos pactados. En general, todos los poseedores de un activo financiero cuyos retornos estén expresados en términos nominales, ya sea total o parcialmente, tenderán a sufrir una pérdida con los aumentos imprevistos en los precios. Los activos de este tipo se llaman nominales y el dinero es uno de ellos. En contraste, los activos reales ajustan su valor de acuerdo a la inflación. En general los agentes económicos mantienen en forma simultánea activos y pasivos nominales. De esta manera, el efecto total de la inflación inesperadamente alta dependerá de la posición neta de sus activos.

La inflación no anticipada también provoca una redistribución del ingreso entre los diferentes sectores de la población. Para las personas sujetas a contratos laborales, un aumento en la inflación por encima de sus expectativas deteriora su salario real. En general, puesto que los salarios se ajustan esporádicamente, una mayor inflación provoca un aumento en la variabilidad de los salarios de los trabajadores a través del tiempo. Cuando acaba de incrementarse el salario nominal, el salario real tiende a ser alto. A medida que pasa el tiempo la inflación continua pero el salario nominal se mantiene constante y el real disminuye gradualmente hasta el siguiente ajuste. Como es de esperarse, la inflación afecta especialmente a los sectores de menores ingresos, la principal razón es que los asalariados de bajos ingresos, personas jubiladas y trabajadores del sector informal carecen de mecanismos para proteger de la erosión inflacionaria sus ingresos. Un ejemplo extremo de esta situación es el caso de México donde el salario mínimo, que es la base para el cálculo de la totalidad de los salarios, aumentó 13 veces en el periodo comprendido entre 1995 y 2005, en promedio cada 10 meses; dichos aumentos oscilaron entre el 3.45% y el 17.04%. Si bien estas cifras porcentuales pudieran no ser muy convincentes cabe señalar que los aumentos se encontraron entre 1.50 y 4.25 pesos.<sup>30</sup>

Además de los efectos redistributivos de la inflación no anticipada, está el llevar a los individuos y a las empresas a tomar decisiones de oferta y demanda equivocadas. Por ejemplo, una empresa espera una inflación baja, pero en realidad la inflación de toda la economía resulta ser alta. Los precios del producto de la empresa aumentan, como los del resto de la economía. Cuando la empresa se percata de que el precio de su propio producto está subiendo más rápido de lo que anticipó, puede suponer que se ha producido un aumento en la demanda de su producto, en lugar de suponer que hubo un aumento generalizado de precios. Al final, la empresa puede tomar la decisión equivocada de aumentar la producción basada en la falsa premisa de que su producto es más demandado. Si ese comportamiento se repite en muchas empresas a través de la economía, puede ocurrir un aumento de la oferta agregada basada en ideas falsas que llevan a un nivel distorsionado del producto en toda la economía. La mayor incertidumbre generada por la inflación genera desincentivos a la inversión, lo que afecta el crecimiento a largo plazo.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> De Gregorio (2007).

<sup>30</sup> Servicio de Administración Tributaria (2009).

<sup>31</sup> De Gregorio (2007).

### 3.3 La inflación óptima

Después de conocer los costos de la inflación la pregunta natural es ¿por qué no eliminarla por completo?.

Según José de Gregorio existen razones de peso para pensar que una inflación baja pero positiva, debería ser el objetivo de mediano y largo plazo. Por lo que es necesario explicar por qué no sería conveniente una inflación nula:

- La inflación baja, pero positiva, “lubrica” el funcionamiento del mercado de trabajo y bienes pues es más fácil bajar los salarios reales con un aumento en el nivel de los precios que con la caída de los salarios nominales.
- La inflación que convencionalmente se mide mediante el comportamiento de los precios, tiene un sesgo hacia arriba con respecto al verdadero aumento del costo de la vida.
- Una inflación positiva permite que la tasa de interés real sea negativa entregando un rango mayor para políticas, que vía disminuciones de tasas de interés pretenden estimular la actividad económica en el corto plazo cuando se encuentra en condiciones de elevado desempleo y por lo tanto es necesario estimular la demanda.
- Si bien hay suficiente evidencia y acuerdo sobre los daños de inflaciones moderadas y altas, la evidencia para niveles de inflación nula es menos concluyente, en especial debido a que no existen suficientes experiencias de países exitosos con inflaciones permanentes nulas. Lo que convierte a la búsqueda de una inflación nula en una aventura por parte del banco central.

La primera de las razones recién enunciadas es sin duda la más importante. A la acción de permitir algo de inflación se le ha llamado *efecto de lubricación*. Las economías están sujetas a una serie de shocks sectoriales y externos que requieren cambios en los precios relativos. Normalmente los precios que tienen que subir lo harán, pero los que tienen que bajar se resistirán, con consecuencias sobre el nivel de actividad y una eficiente asignación de recursos. Es más fácil que los precios que necesitan caer lo hagan ayudados por algo de erosión inflacionaria que por una caída en su valor nominal. El caso más claro es el salario real.

La inflación se mide mediante el comportamiento de los precios, a través de un Índice de Precios al Consumidor (IPC), el cual como se mencionó, debido a la forma en que se calcula tiene varios sesgos (capítulo 2), siendo dos de ellos los más importantes. Primero, sobreestima los verdaderos aumentos del costo de la vida por cuanto la gente en la práctica sustituye los bienes que encarecen por bienes más baratos. Si el precio de un bien sube, y sube mucho, es probable que su consumo disminuya e incluso se deje de consumir. Y segundo, los precios de un bien consideran a lo más solo parcialmente, el hecho de que éstos mejoran de calidad y consecuentemente la relación precio - calidad se reduce.

Las posibilidades de que la tasa de interés real sea negativa con inflaciones positivas se debe a que si la inflación es nula o negativa, la tasa de interés real tendrá su mínimo en cero. La razón es que la tasa de interés nominal nunca puede ser negativa. Debido a que el público es libre de mantener dinero, el cual tiene un retorno nominal exactamente igual a cero, no puede haber un activo que ofrezca un retorno nominal negativo, ya que nadie lo mantendría.

Es cierto que la evidencia muestra que la inflación frena el crecimiento. Pero es difícil pensar que los costos de la inflación que se han planteado anteriormente como son la distorsión de la economía, la redistribución del ingreso entre los sectores de la población, las acciones destinadas a la reducción de los efectos de la inflación y otros sean muy altos a niveles de inflación moderada.

### 3.4 Medición de la inflación

La medición del incremento en el nivel general de precios es un proceso cuyo fin último consiste en obtener indicadores estadísticos que permitan cuantificar de manera clara, precisa y oportuna el cambio en el nivel de precios dentro de una economía y un periodo determinados.

La medida del nivel general de precios que se utiliza más a menudo es el Índice de Precios al Consumidor o IPC, otros pueden ser el Índice de Precios Productor que es un índice de los precios que pagan las empresas no los consumidores finales, o el deflactor del PIB, en el caso de México se utiliza el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) expuesto en el capítulo 2.

#### 3.4.1 La tasa de inflación

La tasa de inflación es la variación porcentual que experimenta el Índice Nacional de Precios al Consumidor, con respecto al nivel correspondiente a un periodo previamente determinado, el cual se conoce como periodo base. Se define en términos del INPC de la siguiente manera:

$$\pi_t = \frac{INPC_t - INPC_0}{INPC_0}$$

Donde:

$\pi_t$  es la tasa de inflación del periodo  $t$

$INPC_t$  es el Índice de Precios al Consumidor del periodo  $t$

$INPC_0$  es el Índice de Precios al Consumidor del periodo base

Es claro que la tasa de inflación nos dice qué tanto han cambiado los precios desde el periodo que se designó como base.

Como la tasa de inflación es una medida de la tasa de variación del nivel de precios a través del tiempo, es una variable de flujo, por lo tanto hablar de ésta sin hacer referencia a un periodo de tiempo es insuficiente.

Esta medida porcentual es de gran interés tanto para el público como para el gobierno quien en México generalmente busca que no rebase el 5%. Que es el límite de lo que puede considerarse como moderado.<sup>32</sup>

### **3.5 La inflación en México<sup>33</sup>**

Durante la etapa de la Revolución Mexicana, en los primeros años del Siglo XX, existieron varias fuentes que emitieron billetes, lo que llevó a la hiperinflación, con lo que el papel moneda quedó totalmente desprestigiado.

Años después, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, se prevé el establecimiento de un banco central, al que se le llamó Banco Único de Emisión. Una de las funciones que se le reservaban de manera exclusiva fue la emisión de circulante.

La historia de la inflación en México se caracteriza por pequeños periodos de tiempo en que los precios registran niveles bajos. La generalidad es que la inflación ha estado prácticamente de manera permanente, desde que se le mide. Sin embargo, es a partir de la década de los setenta en que se observan niveles mayores en el incremento de los precios.

En la década de los 30 inicia una etapa de reconstrucción de la economía posterior a la Revolución Mexicana, estimulándose el crecimiento del sector agrícola a través de la inversión pública en obras de infraestructura. Esta década también se caracteriza por el impacto de la Gran Depresión Mundial y por la expropiación petrolera, afectando producción, y por ende los precios.

De 1936 y hasta 1957 se vivió una etapa caracterizada por un elevado crecimiento de la economía, con un incremento medio anual del PIB de 5.6% y una inflación también en promedio anual de 9.67%.

En los años cuarenta se vivió un proceso inflacionario, con un incremento promedio anual en precios de 11.2%. En este hecho influye la devaluación del peso mexicano, ya que en 1948 pasa de 4.85 pesos por dólar en promedio anual a 5.74. Un año después a 8.0.

En 1950 hay una nueva devaluación, situándose la paridad promedio anual en 8.65. Esto es explicable debido a la fuerte inflación de los años anteriores, ya que por ejemplo la más alta se ubicó en 1943 y 1944, siendo de 20.6% y 22.7%, respectivamente. También se observa una marcada expansión económica que llevó al incremento de los precios.

---

<sup>32</sup> Ruiz (2006).

<sup>33</sup> Ruiz (2006).

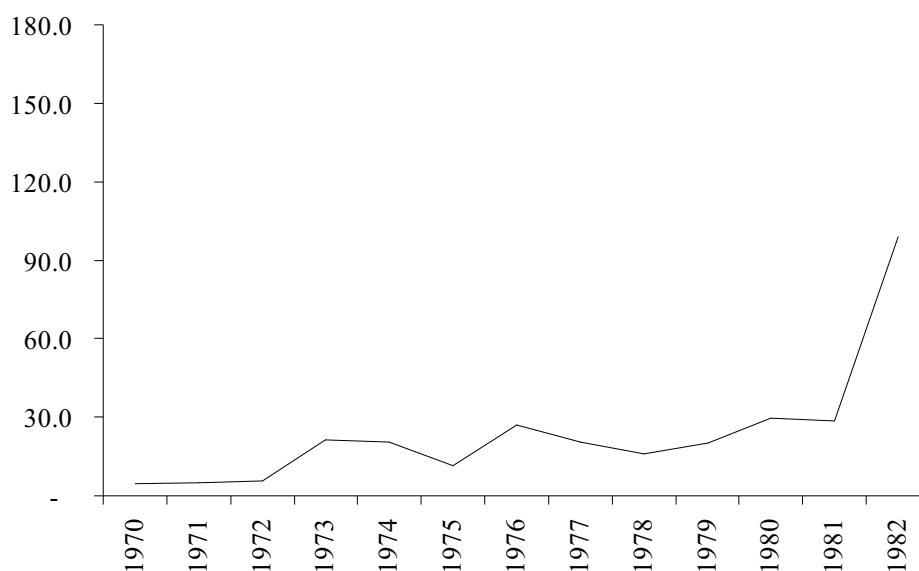
De 1954 a 1970, se tiene en México la etapa conocida como de “Desarrollo Estabilizador”. En este periodo, el país registró un crecimiento de precios reducido, que no alcanzaba el 3% en promedio anual, el más bajo en la historia del país. Tres lustros, cuya principal característica fue la estabilidad de precios. De 1958 a 1970, la inflación se ubicó en 2.6% en promedio anual, y el crecimiento en 6.6%. Sin embargo, este modelo de desarrollo generó fuertes contradicciones que años después vendrían a desencadenar crisis económicas. Tal vez la contradicción más marcada sea la relativa a la desigual distribución del ingreso.

Al inicio de los setenta el denominado “Desarrollo Compartido” desplaza al “Desarrollo Estabilizador”. A partir de 1970 se registra una mayor intervención del Estado en la economía, traduciéndose en una fuerte expansión de los renglones fiscal, monetario y financiero. El fuerte incremento en el gasto público provocó elevados déficits fiscales e inflación y el considerable aumento de la deuda externa. Se continuó cargando con un gran lastre que hasta hoy prevalece en cuanto a la severa desigualdad existente en la distribución del ingreso.

En el periodo de 1970 a 1982 se tuvo una inflación promedio anual de 23.8% y el crecimiento medio anual de la economía se ubicó en 6.2%. En 1982 estalla una crisis que se empieza a gestar en el segundo semestre de 1981 y cuyo detonador principal fue la caída en el precio del petróleo.

De 1982 a 1987, la inflación promedio anual fue de 94.5%. Cabe señalar que desde que el Banco de México mide la variación de los precios, el año de 1987 ha sido el más elevado, con una inflación de 159.2%.

Tasa de inflación en México 1970 – 1982 (%)



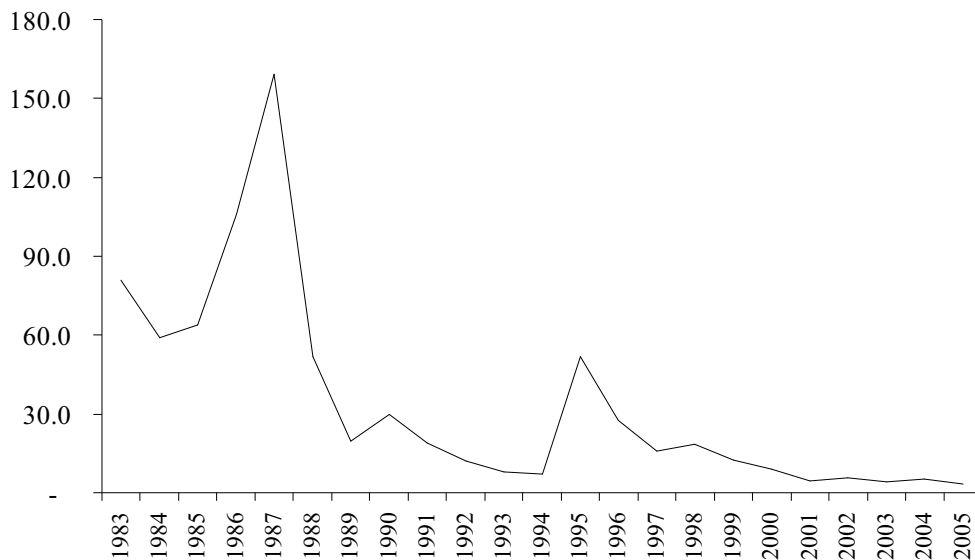
Fuente: INEGI

A partir de 1982 se aplican políticas de corte neoliberal y en el contexto de muy altos niveles de crecimiento de precios, comienza una etapa de “pactos económicos” que tratan de contener el proceso inflacionario.

Durante el periodo de 1982 a 1994 la inflación registró un promedio anual de 54.9%, mientras que el crecimiento de la economía de tan sólo 1.9%.

El ritmo de crecimiento de precios inicia un proceso descendente, hasta alcanzar en 1993 el tan ansiado nivel de un dígito (8%), en su medición anual. La autonomía del Banco Central, concedida en este año, sienta las bases para lograr tasas de inflación menores. Posteriormente la meta se ubicará en 3%, más menos un punto porcentual. Pero una nueva crisis que inicia en diciembre de 1994, viene a posponer el objetivo de continuar bajando los niveles de inflación. Una vez superada la crisis en la cual en 1995 el producto cayó en -6.2%, con una inflación de 52%, el crecimiento del nivel de precios comienza a declinar hasta alcanzar el 3.3% en 2005, la más baja desde que se registra a nivel nacional.

Tasa de inflación en México 1983 – 2005 (%)



Fuente: INEGI

Durante el periodo de 1995 a 2005, la inflación creció en promedio anual en 14.4%.

### 3.6 Estadísticas

A continuación se presentan los valores históricos de la tasa de inflación (variación porcentual respecto a la segunda quincena de junio de 2002).

La información se obtiene mediante una consulta en la página electrónica del Banco de México, en la siguiente dirección:

<http://www.banxico.org.mx/politica-monetaria-e-inflacion/estadisticas/inflacion/indices-precios.html>



Tasa de Inflación Mensual, 1980 - 2005 (Base segunda quincena de Junio de 2002)

Año / Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1980	4.88	2.31	2.06	1.75	1.63	1.98	2.79	2.07	1.11	1.51	1.73	2.62
1981	3.22	2.46	2.14	2.26	1.51	1.40	1.76	2.06	1.86	2.22	1.92	2.69
1982	4.97	3.93	3.65	5.42	5.62	4.82	5.15	11.22	5.34	5.18	5.06	10.68
1983	10.88	5.37	4.84	6.33	4.34	3.79	4.94	3.88	3.08	3.32	5.87	4.28
1984	6.35	5.28	4.27	4.33	3.32	3.62	3.28	2.84	2.98	3.49	3.43	4.25
1985	7.42	4.15	3.87	3.08	2.37	2.50	3.48	4.37	3.99	3.80	4.61	6.81
1986	8.84	4.45	4.65	5.22	5.56	6.42	4.99	7.97	6.00	5.72	6.76	7.90
1987	8.10	7.22	6.61	8.75	7.54	7.23	8.10	8.17	6.59	8.33	7.93	14.77
1988	15.46	8.34	5.12	3.08	1.93	2.04	1.67	0.92	0.57	0.76	1.34	2.09
1989	2.45	1.36	1.08	1.50	1.38	1.21	1.00	0.95	0.96	1.48	1.40	3.37
1990	4.83	2.26	1.76	1.52	1.75	2.20	1.82	1.70	1.43	1.44	2.66	3.15
1991	2.55	1.75	1.43	1.05	0.98	1.05	0.88	0.70	1.00	1.16	2.48	2.35
1992	1.82	1.18	1.02	0.89	0.66	0.68	0.63	0.61	0.87	0.72	0.83	1.42
1993	1.25	0.82	0.58	0.58	0.57	0.56	0.48	0.54	0.74	0.41	0.44	0.76
1994	0.78	0.51	0.51	0.49	0.48	0.50	0.44	0.47	0.71	0.52	0.53	0.88
1995	3.76	4.24	5.90	7.97	4.18	3.17	2.04	1.66	2.07	2.06	2.47	3.26
1996	3.59	2.33	2.20	2.84	1.82	1.63	1.42	1.33	1.60	1.25	1.52	3.20
1997	2.57	1.68	1.24	1.08	0.91	0.89	0.87	0.89	1.25	0.80	1.12	1.40
1998	2.18	1.75	1.17	0.94	0.80	1.18	0.96	0.96	1.62	1.43	1.77	2.44
1999	2.53	1.34	0.93	0.92	0.60	0.66	0.66	0.56	0.97	0.63	0.89	1.00
2000	1.34	0.89	0.55	0.57	0.37	0.59	0.39	0.55	0.73	0.69	0.86	1.08
2001	0.55	-0.07	0.63	0.50	0.23	0.24	-0.26	0.59	0.93	0.45	0.38	0.14
2002	0.92	-0.06	0.51	0.55	0.20	0.49	0.29	0.38	0.60	0.44	0.81	0.44
2003	0.40	0.28	0.63	0.17	-0.32	0.08	0.14	0.30	0.60	0.37	0.83	0.43
2004	0.62	0.60	0.34	0.15	-0.25	0.16	0.26	0.62	0.83	0.69	0.85	0.21
2005	0.00	0.33	0.45	0.36	-0.25	-0.10	0.39	0.12	0.40	0.25	0.72	0.61

Fuente: Banco de México.

---

## 4 Pronóstico de la inflación

*“Nunca pronostiques:  
si tu pronóstico es correcto, nadie lo recordará  
y si tu pronóstico es incorrecto nadie te dejará olvidarlo”*

*Mark Twain*

Es una práctica común que las entidades económicas, tomen decisiones basándose en los registros de la vida activa de la empresa, o bien, del ramo en que se desenvuelven. El gobierno también toma decisiones y desarrolla nuevas políticas públicas y programas, después de estudiar el comportamiento de diferentes variables a lo largo del tiempo.

Tanto la toma de decisiones como la planeación, siempre requieren del pronóstico estadístico que se basa en el estudio del comportamiento de una variable y en la suposición de que ese comportamiento puede prolongarse a un futuro.

El comportamiento de la variable estudiada, puede ser causado por diversos factores, algunos de naturaleza económica, otros referentes al clima, unos más por razones de modas, otros más por razones financieras; y así podrían enunciarse infinidad de factores que pueden producir fluctuaciones de diversos tipos.

Cuando una variable muestra un determinado patrón de comportamiento, por un período largo y además se cumplen ciertos supuestos propios de la teoría de Series de Tiempo, se puede esperar que ese mismo patrón continúe en el futuro, y así, esta posibilidad puede dar una base razonable para establecer pronósticos.

### 4.1 Las series de tiempo

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones hechas secuencialmente a través del tiempo.<sup>34</sup> Estas variables pueden ser relativas a unidades monetarias, el número de artículos vendidos o comprados, etc. En general, cualquier variable cuantitativa puede ser estudiada de esta manera, siempre y cuando se conozcan los valores que asumió en intervalos regulares de tiempo.

Supóngase que se tiene una serie de tiempo. ¿Cómo debería ésta ser analizada? Hay un aspecto especial de las series de tiempo, esto es: las observaciones consecutivas usualmente no son independientes y su análisis debe tomar en cuenta el orden en el cual las observaciones fueron registradas. En efecto, se puede decir que cada observación es *bivariada*, con el tiempo como segunda variable. Los principales objetivos de dicho análisis son:

---

<sup>34</sup> Chatfield (2000).

1. Descripción de los datos mediante estadísticas o métodos gráficos.
2. Modelación, encontrar un modelo estadístico que describa el proceso de generación de los datos. Este modelo puede ser *univariado*, el cual se basa únicamente en los valores pasados de la variable; o bien *multivariado*, en el cual el comportamiento de la variable de interés no se basa únicamente en sus propios valores pasados sino también en los presentes y pasados de otras variables.
3. Pronóstico, consiste en la estimación de los valores futuros de la serie a partir de la información histórica disponible.
4. Control, un buen pronóstico hará capaz al analista de tomar acción preventiva o correctiva respecto al fenómeno analizado.

Según Chris Chatfield, el enfoque clásico del análisis de series de tiempo presupone que éstas se forman a partir de varias componentes que no son observables de manera directa, de éstas solo es posible obtener estimaciones. Dichas componentes son:

- Tendencia, este componente está presente cuando la serie presenta un crecimiento o decrecimiento estable en un número considerable de periodos. Representa los movimientos de larga duración.
- Ciclo, se caracteriza por oscilaciones alrededor de la tendencia con una menor duración.
- Estacionalidad, su utilidad es la de representar los efectos producidos por fenómenos que se repiten cada determinado lapso de tiempo y con cierta constancia.
- Irregularidad, son movimientos erráticos que no siguen un patrón específico y que obedecen a diversas causas. Este componente es impredecible.

Dentro de este contexto se considera que los componentes tendencia, ciclo y estacionalidad constituyen la parte determinista o semideterminista de la serie, mientras que el componente irregularidad es la parte no determinista o estocástica.

Los métodos clásicos trabajan bien cuando la tendencia y la estacionalidad son más fuertes que la irregularidad. No así cuando estos dos componentes están cambiando a través del tiempo o cuando los valores sucesivos de la irregularidad están correlacionados. A la correlación existente entre valores sucesivos de la misma serie de tiempo se le llama *autocorrelación*.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Chatfield (2004).

## 4.1.1 El análisis de las series de tiempo

Debido a que las series de tiempo constan de datos numéricos, es natural usar la herramienta estadística para describirlas y analizarlas. Recuérdese entonces que la estadística se basa en dos enfoques:

(1) Enfoque descriptivo, que se ocupa básicamente de resumir y describir en forma concisa, ya sea mediante gráficas o a través de unas cuantas medidas descriptivas, la información con que se cuenta.

(2) Enfoque inferencial, cuyo objetivo primordial es utilizar datos muestrales para hacer inferencia que sean válidas para toda la población de la que se tomó la muestra.

Dentro de los elementos descriptivos de una serie de tiempo se encuentran pues, las gráficas y las medidas descriptivas, dando primordial importancia a la gráficas ya que es necesario construirlas antes de realizar cualquier tipo de cálculo, aunque sea solo para verificar la congruencia de los datos. Por su parte, los elementos de inferencia estadística son aquellos que se utilizan para responder preguntas acerca de una población o universo, con base en un conjunto de datos muestrales. A continuación se exponen los pasos a seguir para llevar a cabo un análisis de series de tiempo, partiendo simplemente de la información histórica de los valores de una variable.

### 4.1.1.1 Análisis preliminar

El primer paso en cualquier análisis de series de tiempo, es graficar las observaciones contra el tiempo. La gráfica debe mostrar aspectos importantes de los datos tales como tendencia, estacionalidad, valores atípicos, suavidad, cambios en la estructura, puntos de cambio, discontinuidades, etc. Este tipo de gráficas reciben el nombre de *gráficas de tiempo*.

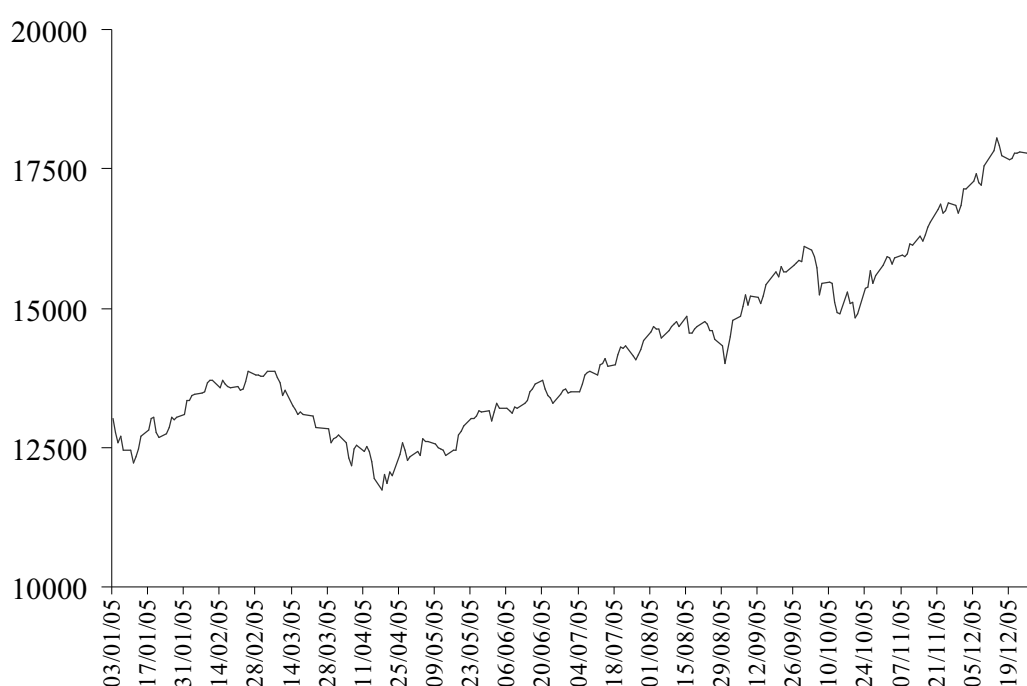
Una gráfica también puede ayudar a decidir si es necesario aplicar una transformación a los datos. Por ejemplo si la gráfica muestra una tendencia creciente y la varianza parece aumentar a medida que la media lo hace, puede pensarse en una transformación que estabilice la varianza. Al aplicar este tipo de transformaciones se busca eliminar la parte determinista de la serie con el objetivo de que el resultado se asemeje a la realización un *proceso estocástico estacionario* y entonces sea posible usar la teoría de tales procesos en el análisis, modelación y predicción de la serie transformada y por lo tanto de la original.

Las transformaciones son ampliamente usadas. Sin embargo, es más común que se presenten dificultades en la interpretación de modelos para series transformadas. Incluso, cuando el pronóstico es transformado en sentido inverso, es decir a la escala original de medición, éste generalmente es sesgado a pesar de que el pronóstico transformado no lo es. Por lo anterior es recomendable evitar el uso de transformaciones, en la medida de lo posible, y trabajar con los datos observados.

Otra parte importante de la inspección inicial es la comprobación de la calidad de los datos y la corrección que a partir de esta revisión pudiera considerarse necesaria. Este proceso es usualmente llamado *limpieza de los datos* y es un precursor esencial para la modelación. Esta limpieza puede incluir la corrección de errores obvios, de falta de datos o modificación de valores atípicos pues etapas posteriores del análisis pueden verse severamente afectadas por estos últimos. El contexto es muy importante en el momento de decidir qué se modificará, razón por la cual es trascendental conocer bien el problema que se está tratando y tener bien claros los objetivos del análisis.

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, la gráfica de tiempo del índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) 2005



Fuente: [http://www.puentenet.com/cotizaciones/indices\\_historico.xhtml?id=%3DMEX](http://www.puentenet.com/cotizaciones/indices_historico.xhtml?id=%3DMEX)

### 4.1.1.2 Análisis de la tendencia

El componente tendencia es de fácil comprensión, pero no resulta tan sencillo definirlo, ya se mencionó que representa los movimientos de larga duración, pero ¿qué significa “larga duración”? La percepción de este componente depende en gran medida del tamaño de la serie observada. Por ejemplo, el fenómeno del calentamiento global podría interpretarse como una tendencia si la serie de tiempo en cuestión fuera de unos 50 años,

pero si se hablara de una serie de varios cientos de años, este fenómeno podría convertirse en un ciclo. Existen varios modelos matemáticos que describen diferentes tipos de tendencia, los hay lineales y no lineales, así como deterministas y estocásticos.

Supóngase que se tiene una serie de tiempo  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  y considérese  $\mu_t$  como el nivel promedio de la serie al tiempo  $t$ , se tiene:

$$\mu_t = \alpha + \beta t$$

Esta tendencia simple es llamada *tendencia lineal simple* o *tendencia lineal global*. No obstante, es muy común el tratar de evitar el uso de funciones deterministas del tiempo y se trata de establecer modelos que involucren el factor estocástico, una manera de hacerlo es permitir a los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  depender del tiempo:

$$\mu_t = \alpha_t + \beta_t t$$

Así,  $\alpha_t$  y  $\beta_t$  representan la ordenada al origen y pendiente locales respectivamente. Este tipo de modelos son mucho más usados porque la tendencia lineal determinista rara vez provee modelos satisfactorios en situaciones reales.<sup>36</sup>

Una alternativa para modelar la tendencia local es usar una ecuación recursiva. Entonces la tendencia global puede reescribirse de la siguiente manera:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta$$

Ahora bien, si se permite además un cambio de nivel a través del tiempo digamos  $\beta$ , y se agrega un término de variación, digamos  $\{w_{1,t}\}$  entonces una forma de representar la tendencia lineal local está dada por:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + w_{1,t}$$

A esta ecuación debe agregársele una segunda que describa la evolución de  $\{\beta_t\}$ :

$$\beta_t = \beta_{t-1} + w_{2,t}$$

Donde

$\{w_{2,t}\}$  expresa un segundo proceso de variación.

---

<sup>36</sup> Chatfield (2000).

Por otra parte, es claro que en muchas ocasiones la tendencia no es lineal, puede ser que el valor promedio local de la serie se comporte, por ejemplo como una función polinomial del tiempo; puede mostrar un crecimiento exponencial, el cual es difícil de manejar incluso si se hace una transformación tomando logaritmos; o puede seguir el comportamiento de la función Gompertz.

La tendencia puede ser estimada de dos maneras: es posible ajustar los datos mediante alguna de las funciones anteriores, o alternativamente se puede aplicar un filtro lineal de la siguiente forma:

$$\tilde{x}_t = \sum_r a_r x_{t+r}$$

Donde:

$x_t$  denota el valor de la serie de tiempo en el tiempo  $t$ .

Si  $\sum a_r = 1$ , entonces  $\tilde{x}_t$  puede considerarse como un valor suavizado de  $x_t$ , digamos  $Sm(x_t)$ . La diferencia entre  $x_t$  y su valor suavizado es una estimación de la tendencia y produce una serie que ya no muestra tendencia. Nótese que  $[x_t - Sm(x_t)]$  también es un filtro lineal de la forma señalada, pero esta vez  $\sum a_r = 0$ . El ejemplo más simple de eliminación de tendencia mediante el uso de un filtro lineal con  $\sum a_r = 0$  es mediante el cálculo de las diferencias entre observaciones consecutivas:

$$\nabla x_t = (x_t - x_{t-1})$$

Hay muchos filtros más sofisticados para medir o remover la tendencia. Es también importante señalar que el tratamiento de la tendencia depende de si la serie en cuestión presenta o no estacionalidad. Si la estacionalidad está presente será necesario decidir si medirla o removerla, antes o después de medir la tendencia.

### 4.1.1.3 Análisis de la estacionalidad

El efecto de la estacionalidad al tiempo  $t$  se denota por  $i_t$ , y se dice que es aditivo cuando no depende del nivel medio local de la serie, y se dice que es multiplicativo cuando el tamaño de la variación estacional es proporcional al nivel medio local de la serie. En el caso aditivo generalmente sucede que los valores de  $i$  están normalizados,

consecuentemente  $\sum i_t = 0$  para cualquier periodo de observación; mientras que en el caso multiplicativo esto no sucede.<sup>37</sup>

Para el caso aditivo, la variable aleatoria  $X_t$  puede modelarse como:

$$X_t = \mu_t + i_t + \varepsilon_t$$

Para el caso multiplicativo pueden presentarse dos variantes:

$$X_t = \mu_t i_t + \varepsilon_t \quad \text{ó} \quad X_t = \mu_t i_t \varepsilon_t$$

Donde:

$\mu$  es el nivel medio de la serie la tiempo  $t$ .

$\varepsilon_t$  representa la variabilidad aleatoria al tiempo  $t$ .

En el caso multiplicativo, mediante una transformación logarítmica se pueden conseguir ecuaciones mucho más fáciles de manejar.

Hay gran variedad de métodos para medir o remover la estacionalidad. La teoría presupone que si es posible llevar a cabo una de estas operaciones generalmente se puede realizar la otra fácilmente.

Si el efecto estacional es constante a través del tiempo se puede hacer una aproximación utilizando una regresión con variables artificiales. Esto ajustará un parámetro para cada subperíodo contenido en la serie, entonces puede ser posible modelar la estacionalidad adecuadamente usando pocos parámetros.

Una aproximación alternativa es el uso de filtros lineales semejantes a los usados en el caso de la tendencia. La diferenciación estacional es una manera muy simple de eliminar la estacionalidad en una serie. Por ejemplo, si la serie consta de datos mensuales, esto es doce observaciones por año. La diferenciación estacional se escribe de la siguiente manera:

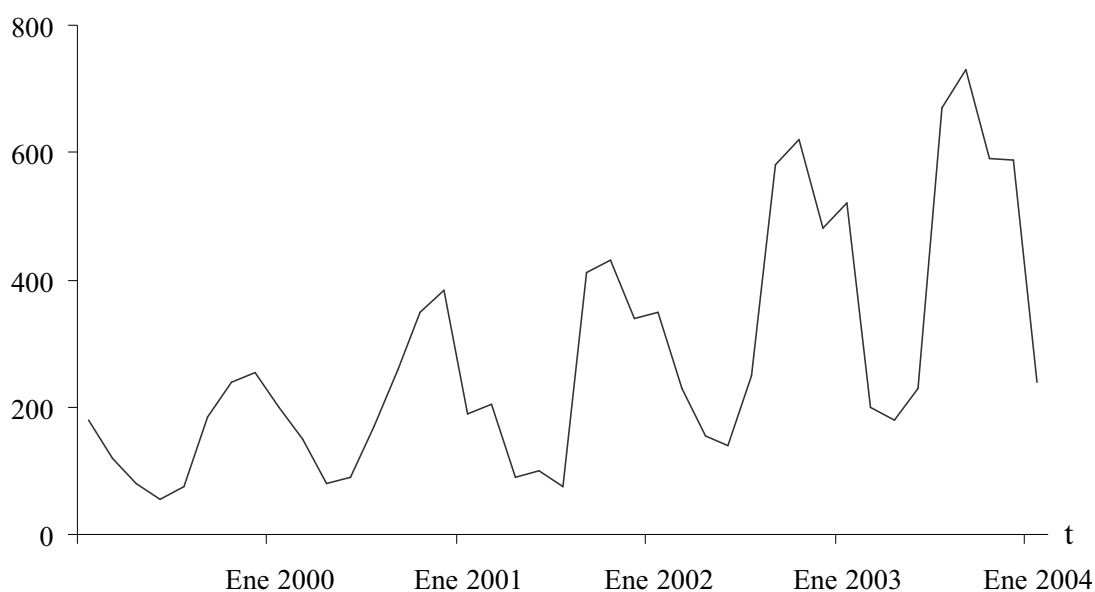
$$\nabla_{12} x_t = (x_t - x_{t-12})$$

La diferenciación estacional es muy usada en la construcción de los llamados modelos ARIMA, que se verán más adelante. Pero también existen filtros más sofisticados para otros propósitos.

---

<sup>37</sup> Chatfield (2004).





Serie de tiempo que muestra componentes estacionalidad y tendencia.

#### 4.1.1.4 Procesos estocásticos estacionarios y series de tiempo estacionarias

Si los valores futuros de una serie de tiempo pueden ser calculados de manera exacta a partir de sus valores pasados se dice que la serie es determinista, por el contrario, si estos valores futuros sólo pueden calcularse parcialmente la serie es estocástica.<sup>38</sup>

Un proceso estocástico, puede ser descrito como una familia de variables aleatorias indexadas por el tiempo, y se denota por  $\{X_t\}$ . Para expresar el valor de la variable  $X$  al tiempo  $t$  se utiliza  $x_t$ .<sup>39</sup>

Ahora bien, un proceso estocástico se dice débilmente estacionario o estacionario en segundo orden, si su primer y segundo momento son finitos y no cambian a través de tiempo.<sup>40</sup> El primer momento es la esperanza  $E[X_t]$ ; y el segundo es la covarianza entre  $X_t$  y  $X_{t+k}$  para diferentes valores de  $k$ . Este tipo de covarianza es llamado *autocovarianza*. Nótese que la varianza,  $Var[X_t]$  es un caso especial de la covarianza en el que el desfase  $k$  es cero. Lo anterior es:  $E[X_t]=\mu$ , para toda  $t$ , y  $Var[X_t]=\sigma^2$  para toda  $t$ , consecuentemente la autocovarianza depende únicamente del valor de  $k$  para toda  $t$ :

<sup>38</sup> Chatfield (2004).

<sup>39</sup> Chatfield (2004).

<sup>40</sup> Chatfield (2000).

$$\text{Cov}[X_t, X_{t+k}] = E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)] = \gamma_k$$

El conjunto de los coeficientes de covarianza  $\{\gamma_k\}$  con  $k=0,1,2,\dots$ , constituye la función de autocovarianza del proceso. Esta función es estandarizada para obtener los *coeficientes de autocorrelación*  $\{\rho_k\}$ , dados por:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

Donde:

$$k=0,1,2,\dots$$

El conjunto  $\{\rho_k\}$  es entonces la función de autocorrelación. Para un proceso estocástico estacionario,  $\rho_k$  mide la correlación que existe entre  $X_t$  y  $X_{t+k}$ .

Bajo esta perspectiva es fácil notar que una serie de tiempo estocástica es un proceso estocástico en el que las observaciones  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$  de la serie corresponden a las variables  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$  de un proceso estocástico.

De manera general se puede decir que una serie de tiempo es débilmente estacionaria si no hay cambios sistemáticos en el valor medio de ésta, es decir, no presenta tendencia; y la varianza tampoco presenta dichos cambios y el componente ciclo ha sido removido.

Una serie de tiempo es fuertemente estacionaria o estrictamente estacionaria si la distribución conjunta de  $X(t_1), \dots, X(t_k)$  es la misma que la distribución conjunta de  $X(t_1+\tau), \dots, X(t_k+\tau)$  para cualesquiera  $t_1, \dots, t_k, \tau$ .

De aquí en adelante, la estacionariedad de una serie hace referencia a estacionariedad débil.

### 4.1.1.5 El correlograma y su interpretación

Sean  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  las observaciones de una serie de tiempo. El coeficiente de autocovarianza al desfase  $k$  se calcula de la siguiente manera:

$$c_k = \sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x}) / N$$

---

\* Nótese que  $\gamma_0 = \sigma^2$

Donde:

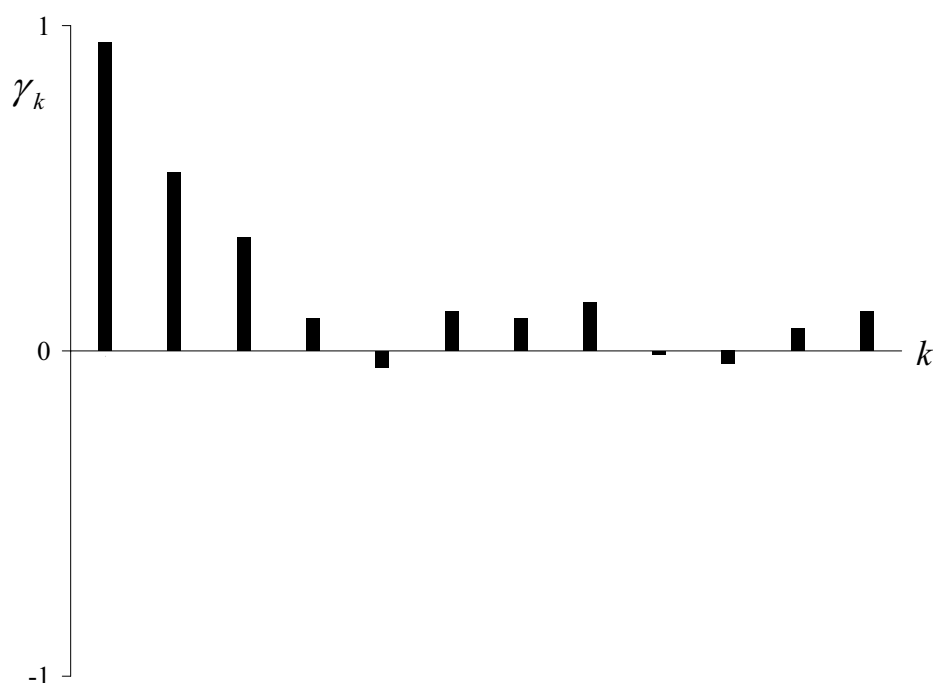
$\bar{x}$  es la media aritmética de los  $x_t$ .

que es un estimador del coeficiente teórico  $\gamma_k$ . Análogamente la función de autocorrelación  $\{\rho_k\}$  se estima como:

$$r_k = \frac{c_k}{c_0}$$

para  $k=0,1,2,\dots$

Una vez calculada la función de autocorrelación de una serie de tiempo se grafica  $r_k$  contra  $k$  se para obtener la gráfica llamada correlograma. Usualmente esto se hace primero para la serie original y después para la serie transformada o diferenciada.



Correlograma de una serie de tiempo con correlación en periodos cortos.

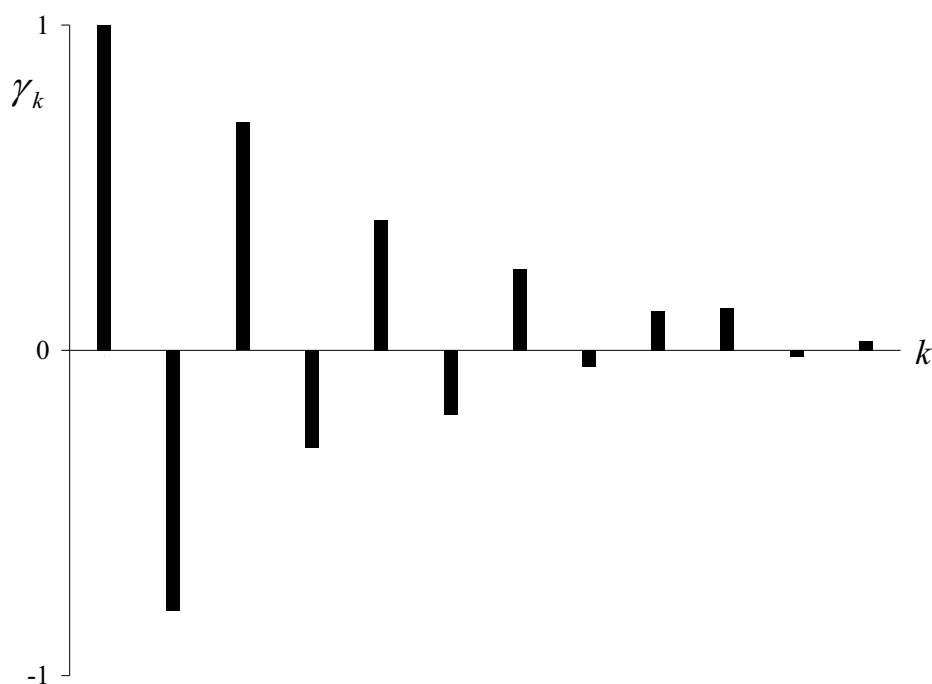
El correlograma es una herramienta muy usada en el análisis de series de tiempo. Puede ser utilizado con dos propósitos diferentes, el primer uso es como parte de un análisis descriptivo, el segundo y más común es como medio de identificación del modelo para la serie.

La interpretación del correlograma no es un tema sencillo, sin embargo existen algunos modelos teóricos que pueden usarse como guía:

Series aleatorias. Para un valor grande de  $N$  se espera encontrar que  $r_k$  es cercano a cero para todos los valores de  $k$  distintos de cero; de hecho, se puede ver que para una serie aleatoria los  $r_k$  se distribuyen  $N(0,1/N)$ . De este modo, si la serie es aleatoria podemos esperar que los valores de  $r_k$  se sitúen entre  $\pm 2/\sqrt{N}$ .<sup>41</sup>

Series con correlación en periodos cortos. Usualmente las series estacionarias muestran correlación dentro de periodos cortos, caracterizada por un valor de  $r_0$  muy grande seguido de uno o dos valores de positivos, posteriormente los  $r_k$  se vuelven sucesivamente más pequeños.

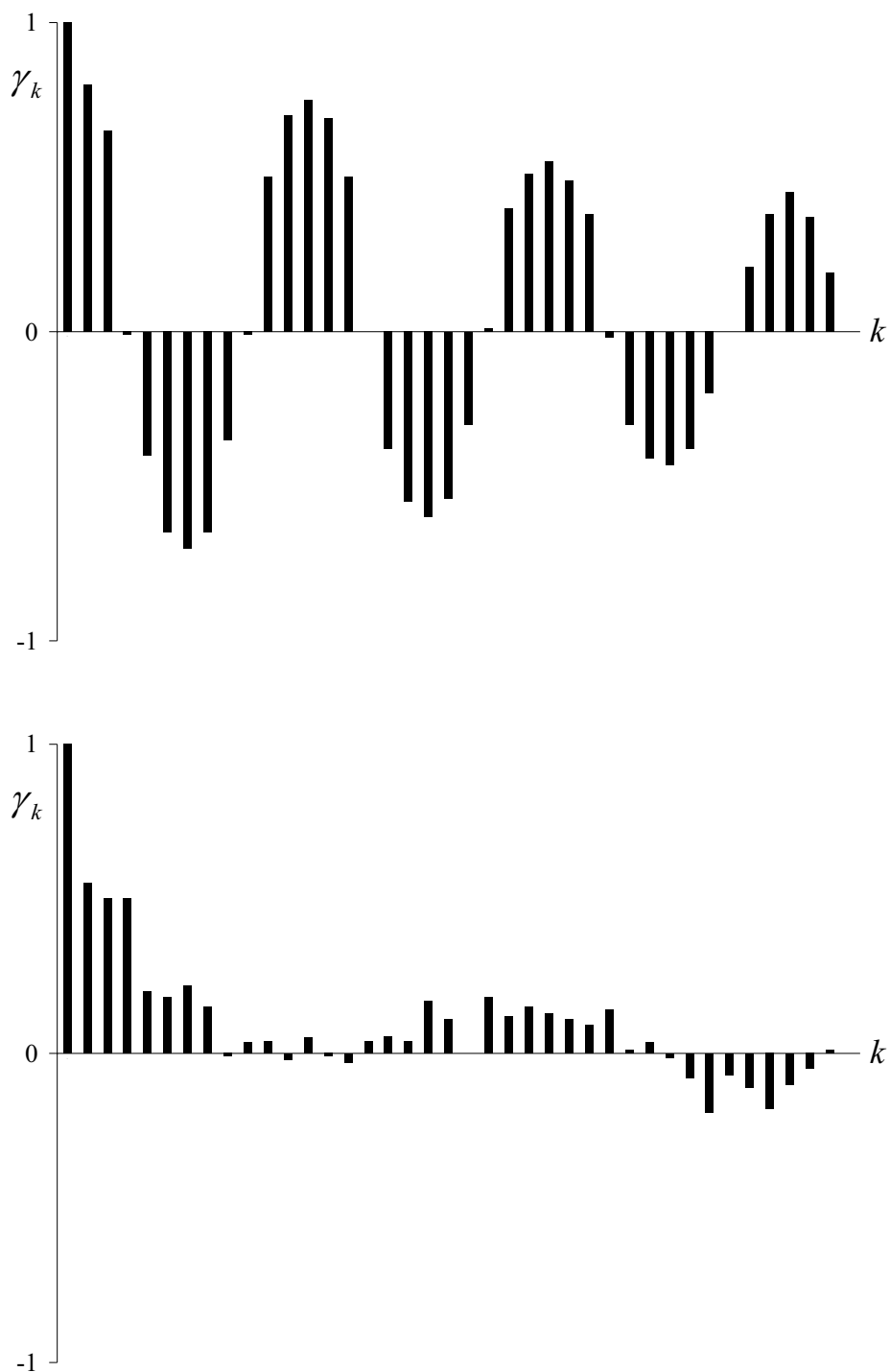
Series alternantes. Si una serie muestra tendencia a alternar observaciones sucesivas por arriba y debajo de la media, su correlograma tiende a alternar con valores en lados opuestos de la media.



Correlograma de una serie alternante.

Si una serie de tiempo muestra tendencia, los valores  $r_k$  no se acercarán a cero excepto en el caso en el que el retraso  $k$  sea muy grande, esto es porque una observación situada de un lado de la media es seguida por un gran número de observaciones que están del mismo lado, claro está debido a la tendencia. Poco puede inferirse de un correlograma de una serie con tendencia, es decir  $\{r_k\}$  solamente tiene sentido para una serie estacionaria, lo que señala que toda tendencia debe removerse antes de calcular  $\{r_k\}$ .

<sup>41</sup> Chatfield (2004).



Los dos últimos correlogramas corresponden a la misma serie, la cual muestra estacionalidad, el primero sin ser tratada, el segundo para la serie después de removerla, nótese que el segundo corresponde a una serie aleatoria.

## 4.1.2 Modelos de series de tiempo

A continuación se presentan los modelos univariados más importantes. Un modelo univariado describe la distribución de una sola variable aleatoria al tiempo  $t$ , dígase  $X_t$ , en relación con sus propios valores pasados:  $X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-3}, \dots$

### 4.1.2.1 Proceso puramente aleatorio (Ruido blanco)

Un proceso es puramente aleatorio si consiste de una sucesión de variables aleatorias,  $\{Z_t\}$ , independientes e idénticamente distribuidas, normal con media cero y varianza  $\sigma_z^2$ .<sup>42</sup> Es fácil ver que este tipo de proceso cumple con la definición de estacionario, pues tiene media y varianza constantes, más aún, la independencia significa que:

$$\gamma(k) = \text{Cov}(Z_t, Z_{t+k}) = \begin{cases} \sigma_z^2 & k = 0 \\ 0 & k = \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$$

Consecuentemente:

$$\rho_k = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ 0 & k = \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$$

Los procesos puramente aleatorios a veces son llamados Ruido blanco.

### 4.1.2.2 Caminata aleatoria

El modelo de caminata aleatoria se expresa de la siguiente manera:

$$X_t = X_{t-1} + Z_t$$

---

<sup>42</sup> Chatfield (2004).

Donde:

$\{Z_t\}$  es un proceso puramente aleatorio.

De ahí se sigue que:

$$X_1 = Z_1 \quad \text{y} \quad X_t = \sum_{i=1}^t Z_i$$

Este modelo es de gran uso en fenómenos económicos y financieros, por ejemplo: el valor de una acción de la bolsa en un determinado día es igual al valor del día anterior más menos un cambio.

Entonces  $E(X_t) = \mu t$  y  $Var(X_t) = t\sigma^2_X$  lo que implica que el proceso no es estacionario. Sin embargo, la primera diferencia forma un proceso puramente aleatorio (ver sección anterior), que si es estacionario:

$$\nabla X_t = X_t - X_{t-1} = Z_t$$

### 4.1.2.3 Procesos autorregresivos (AR)

Una serie de tiempo se dice un proceso autorregresivo de orden  $p$ , denotado por  $AR(p)$  si ésta es una combinación lineal ponderada de los  $p$  valores pasados más un componente aleatorio.<sup>43</sup>

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + Z_t$$

Donde:

$\{Z_t\}$  representa un proceso puramente aleatorio con media cero y varianza  $\sigma^2_X$ .

La igualdad anterior es prácticamente una ecuación de regresión lineal, con la característica especial de que la variable dependiente  $X_t$  no depende de los valores de un conjunto de variables independientes, si no de sus propios valores observados en periodos de tiempo anteriores a  $t$  y ponderados de acuerdo a los coeficientes autorregresivos.

Si se usa el operador lineal  $B$  tal que  $BX_t = X_{t-1}$ , el proceso  $AR(p)$  puede escribirse así:

---

<sup>43</sup> Chatfield (2004).

$$\phi(B)X_t = Z_t$$

Donde:

$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$  es un polinomio en  $B$  de grado  $p$ .

Ahora bien, las propiedades del modelo  $AR(p)$  pueden verse a través de la función  $\phi$ .

Dado que  $B$  es un operador, las propiedades de la función  $\phi$  pueden verse a través de  $\phi(x)$ , (con  $x$  como número complejo) en vez de  $\phi(B)$ : puede mostrarse que la ecuación que describe el modelo  $AR(p)$  representa un proceso estacionario solamente si las raíces de  $\phi(x) = 0$  se encuentran fuera del círculo unitario.<sup>44</sup>

Esta solución puede expresarse de la siguiente manera:

$$X_t = \sum_{j \geq 0}^{\infty} \psi_j Z_{t-j}$$

para algunas constantes  $\psi_j$  tales que  $\sum |\psi_j| < \infty$ .

El ejemplo más simple de proceso  $AR$  es el caso de primer orden:

$$X_t = \phi X_{t-1} + Z_t$$

Que claramente se reduce a una caminata aleatoria si  $\phi = 1$ .

Ahora bien, es necesario condicionar que  $|\phi| < 1$  para que esta serie sea estacionaria.

En este primer caso la función de autocorrelación está dada por:

$$\rho_k = \phi^k \quad \text{para } k=0,1,2,\dots$$

Para procesos estacionarios  $AR$  de orden mayor a uno, la función será una combinación de términos que decrecen exponencialmente, esta función de autocorrelación puede encontrarse resolviendo un conjunto de ecuaciones llamadas de Yule-Walker dadas por:

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}$$

---

<sup>44</sup> Chatfield (2000).



Donde:

$$k=0,1,2,\dots$$

$$\rho_0=0$$

Una propiedad muy usada de los procesos  $AR(p)$  es que muestra que la función de autocorrelación es cero para desfases  $k$  mayores a  $p$ . Esto implica que la función de *autocorrelación parcial muestral*<sup>45</sup> puede utilizarse, como se verá más adelante, en la determinación del orden del proceso al buscar el valor del desfase  $k$  para el cual los valores obtenidos son iguales o al menos muy cercanos a cero.

#### 4.1.2.4 Procesos de promedios móviles (MA)

Se dice que una serie de tiempo  $\{X_t\}$  es un proceso de promedios móviles de orden  $q$ , abreviado  $MA(q)$  si es una combinación lineal ponderada de los últimos  $q$  efectos aleatorios:<sup>46</sup>

$$X_t = Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q}$$

Donde:

$\{Z_t\}$  es un proceso puramente aleatorio con media cero y varianza constante  $\sigma^2_Z$ .

El nombre de promedios móviles parecería indicar que el modelo se obtiene como un promedio de los efectos aleatorios que intervienen, pero no es así puesto que los parámetros no tienen que ser positivos ni sumar uno.

Ya se mencionó que en este caso las fluctuaciones son ocasionadas por efectos aleatorios, los cuales no se asimilan de manera inmediata, sino que pueden seguir repercutiendo aún después de transcurrido cierto número de periodos, además la intensidad del efecto se ve controlada por el valor del ponderador  $\theta$ .

Al igual que en el caso de los procesos  $AR(p)$ , los procesos  $MA(q)$  pueden escribirse de manera compacta mediante el operador  $B$ :

$$X_t = \theta(B)Z_t$$

---

<sup>45</sup> Ver sección 4.1.2.7

<sup>46</sup> Chatfield (2000).

Donde:

$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$  es un polinomio en  $B$  de grado  $q$ .

La función  $\theta(B)$  es análoga a  $\phi(B)$  de un proceso AR.

Obsérvese que  $\sum_{i=1}^q |\theta_i|$ , al considerar un número finito de sumandos, es una constante finita, consecuentemente todo proceso MA es estacionario, sin embargo se acostumbra imponer condiciones en los parámetros de estos procesos llamadas *condición de invertibilidad* con el fin de asegurar que hay un único modelo para un correlograma dado. Supóngase que se tienen dos procesos puramente aleatorios:  $\{Z_t\}$  y  $\{Z'_t\}$  y que  $\theta$  está en  $(-1,1)$ . Entonces dos procesos MA(1) definidos por  $X_t = Z_t + \theta Z_{t-1}$  y  $X_t = Z'_t + \theta Z'_{t-1}$  tienen el exactamente el mismo correlograma, lo que demuestra que el polinomio  $\theta B$  no está determinado de manera única por el correlograma.<sup>47</sup> Para resolver este problema de ambigüedad usualmente se requiere que el polinomio  $\theta(x)$  tenga todas sus raíces fuera del círculo unitario; de esto se sigue que la ecuación de un proceso MA( $q$ ) puede escribirse así:

$$X_t - \sum_{j \geq 1} \pi_j X_{t-j} = Z_t$$

para algunas constantes  $\pi_j$  tales que  $\sum |\pi_j| < \infty$ . En otras palabras: se puede invertir la función obteniendo los valores de  $Z_t$  a partir de los valores presentes y pasados de  $X_t$  mediante una suma convergente. El signo negativo en los coeficientes  $\pi$  en la fórmula es una convención que se usa para mostrar que efectivamente se está reescribiendo un proceso MA de orden finito como una AR( $\infty$ ).

La función de autocorrelación de un proceso MA( $q$ ) es:

$$\rho_k = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ \sum_{i=0}^{q-k} \theta_i \theta_{i+k} / \sum_{i=0}^q \theta_i^2 & k = 1, 2, \dots, q \\ 0 & k > q \end{cases}$$

Donde:

$$\theta_0 = 1$$

La forma en que se calcula la función de autocorrelación previene que ésta deje de presentar valores relevantes cuando  $k$  rebasa  $q$ . Nuevamente es posible utilizar esta propiedad para inferir el orden del proceso.

<sup>47</sup> Chatfield (2000).

### 4.1.2.5 Procesos ARMA

Un modelo autorregresivo de promedios móviles con  $p$  términos autorregresivos y  $q$  términos de promedios móviles, abreviado ARMA( $p,q$ ), combina los dos modelos descritos anteriormente y está dado por:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q}$$

La importancia de los procesos ARMA se encuentra en el hecho de que las series de tiempo estacionarias pueden modelarse adecuadamente mediante éstos involucrando menos parámetros que si se emplearan ya sea un AR o un MA puro.

Puesto que un modelo ARMA contiene características tanto autorregresivas como de promedios móviles, no tiene porqué ser estacionario, pero las condiciones para que lo sea se obtienen fácilmente a partir de las condiciones respectivas para procesos AR y MA.

### 4.1.2.6 Procesos ARIMA

En la práctica la mayoría de las series de tiempo no son estacionarias, por lo que no es posible aplicar procesos estacionarios AR, MA, ARMA. Como ya se mencionó, una posibilidad de manipular estas series para convertirlas en estacionarias es mediante la diferenciación.

Utilizando nuevamente el operador lineal  $B$ , las primeras diferencias  $(X_t - X_{t-1}) = (1-B)X_t$  también pueden ser diferenciadas y así sucesivamente. Las  $n$ -ésimas diferencias pueden escribirse así:  $(1-B)^n X_t$ . Si la serie original es diferenciada  $d$  veces antes de ajustar un proceso ARMA( $p,q$ ), entonces el modelo para la serie original es un proceso ARIMA( $p,d,q$ ).

Nótese que cuando  $p$  y  $q$  son simultáneamente cero y  $d=1$ , el modelo ARIMA(0,1,0) se reduce a:

$$\begin{aligned} X_t - X_{t-1} &= Z_t \\ X_t &= X_{t-1} + Z_t \end{aligned}$$

que es una caminata aleatoria.

Al ajustar tanto un modelo AR como un MA existe el problema de estimar los valores  $p$  y  $q$  respectivamente, en el caso de una ARIMA, existe además la dificultad de

encontrar el orden de la diferenciación, es decir  $d$ . Existen métodos rigurosos para estimar dicho valor, aunque muchos analistas simplemente diferencian la serie hasta que los valores del correlograma tienden a cero rápidamente. Usualmente con una diferenciación basta para series que no tienen componente estacionalidad. Una vez que la serie se ha convertido en estacionaria, un modelo ARMA puede ser ajustado de manera ordinaria.<sup>48</sup>

### 4.1.2.7 Identificación y estimación de un modelo

La etapa de identificación consiste en asociar la función de autocorrelación con un posible proceso generador. Es importante tener presente que dicha función está afectada por variaciones muestrales que desvirtúan su apariencia, para tener una mejor idea de su comportamiento se utilizan expresiones que aproximan su varianza y covarianza:

$$Var(r_k) = \frac{1}{N} \sum_{j=-\infty}^{\infty} (\rho_j^2 + \rho_{j+k}\rho_{j-k} - 4\rho_k\rho_j\rho_{j-k} + 2\rho_j^2\rho_k^2)$$

$$Cov(r_k, r_{k+s}) = \frac{1}{N} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \rho_j\rho_{j+s}$$

En el caso de los procesos de promedio móviles  $MA(q)$  se parte del supuesto (ya mencionado) de que los coeficientes  $r_k$  son iguales a cero si  $k > q$ , entonces la expresión de la varianza se convierte en:

$$Var(r_k) = \frac{1}{N-d} \left( 1 + 2 \sum_{j=1}^q \rho_j^2 \right)$$

En la práctica los valores de  $\rho$  se sustituyen por su estimador  $r$ .

Ahora bien si  $N > 50$  la distribución de la función de autocorrelación puede aproximarse por una distribución normal de media cero y varianza dada por la expresión anterior, y se sabe que bajo estos supuestos los valores  $\pm 1.96 \times$ (desviación estándar) constituyen los límites para determinar observaciones significativamente distintas de cero con un nivel de confianza del 95%. En la práctica y de una manera más burda se dice que un coeficiente de autocorrelación muestral  $r_k$  es diferente de cero si:

<sup>48</sup> Chatfield (2004).

$$|r_k| > 2 \sqrt{\frac{1}{N-d} \left( 1 + 2 \sum_{j=1}^q r_j^2 \right)} \quad \text{para } k > q$$

Este resultado es intuitivamente correcto pues tratándose de un proceso de promedios móviles el correlograma sugiere dada una observación de la serie, cuántos periodos anteriores mantienen influencia.

Con un modelo autorregresivo la identificación no se puede hacer solamente mediante la función de autocorrelación, pues en general la determinación del orden del modelo no es tan simple. Se requiere de un instrumento que permita la identificación de modelos AR de manera clara y simple, ésta es la *función de autocorrelación parcial* la cual adquiere características en función del orden y parámetros del modelo.

Considérese el modelo AR(1) con el fin de ilustrar la función de autocorrelación parcial:

$$X_t = \phi X_{t-1} + Z_t$$

es claro que la dependencia entre  $X_t$  y  $X_{t-2}$  es nula, de hecho, podría demostrarse que todas las autocorrelaciones que excluyen a  $X_{t-1}$  son cero, como era de esperarse pues la única variable independiente que aparece en el modelo AR de primer orden es  $X_{t-1}$ , cuya contribución se identifica mediante su coeficiente.

De manera análoga para el modelo AR(2) las variables independientes son  $X_{t-1}$  y  $X_{t-2}$  cuyas contribuciones para explicar  $X_t$  se miden mediante sus respectivos coeficientes.

De modo que a este tipo de autocorrelación en el que se mide la dependencia entre observaciones no sucesivas se le llama autocorrelación parcial.

Para denotar el  $i$ -ésimo coeficiente de un proceso ARMA(p) se acostumbra escribir  $\phi_{pi}$ .

La función de autocorrelación parcial es  $\{\phi_{ii}\}$  cuyos valores pueden calcularse así:

$$\phi_{11} = \rho_1, \quad \phi_{11} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}, \quad \phi_{33} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & \rho_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_3 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}, \dots$$

$$\phi_{pp} = \begin{matrix} \left| \begin{array}{cccccc} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \cdots & \rho_{p-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & & \cdots & \rho_{p-3} & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_{p-4} & \rho_3 \\ & & & \cdots & & \\ \rho_{p-1} & \rho_{p-2} & \rho_{p-3} & \cdots & \rho_1 & \rho_p \end{array} \right| \\ \hline \left| \begin{array}{cccccc} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \cdots & \rho_{p-2} & \rho_{p-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{p-3} & \rho_{p-2} \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_{p-4} & \rho_{p-3} \\ & & & \cdots & & \\ \rho_{p-1} & \rho_{p-2} & \rho_{p-3} & \cdots & \rho_1 & 1 \end{array} \right| \end{matrix}$$

Aquí también los valores de  $\rho$  se sustituyen por  $r$ . Nótese que si  $i > p$  el coeficiente será cero.

No debe olvidarse que la función de autocorrelación está sujeta a irregularidades muestrales, así que decidir si un coeficiente es significativamente diferente de cero requiere tomar en cuenta la varianza de esta función:

$$Var(\hat{\phi}_{ii}) = 1 / (N - d)$$

A partir de esta fórmula, se establece que el coeficiente es distinto de cero si su valor se encuentra fuera del intervalo definido por:

$$\pm 2\sqrt{Var(\hat{\phi}_{ii})} = \pm 2 / \sqrt{N - d} \quad \text{para } i > p$$

Por último es importante mencionar que mientras un proceso AR( $p$ ) tiene sólo las primeras  $p$  autocorrelaciones parciales distintas de cero, un proceso MA( $q$ ) tendrá todas sus correlaciones parciales distintas de cero, aunque éstas muestren convergencia hacia el cero. De manera similar un proceso ARMA( $\cdot$ ) tendrá asociada una función de autocorrelación parcial que no desaparece después de un número finito  $k$ .

Ahora bien, la estimación de un modelo presupone que se ha identificado un modelo y que lo único que resta es encontrar los valores que hagan que el modelo represente adecuadamente la serie, es decir, se requiere asignar valores a los ponderadores de:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q}$$

lo cual podría hacerse arbitrariamente, pero resulta más conveniente utilizar un método objetivo, el cual generalmente es el de máxima verosimilitud que parte del supuesto de que  $Z_t$  es un proceso puramente aleatorio que lleva a un problema en el que se desea maximizar una función de verosimilitud para los parámetros de interés, lo cual se logra al minimizar su varianza; pero su ecuación no tiene solución analítica por lo que es necesario el empleo de métodos numéricos, convirtiendo el tema en un problema de optimización.

Hoy en día se cuenta con una gran cantidad de software excelente que resuelve este problema y la mayor parte de éste lo hace mediante el algoritmo de estimación no lineal de Marquardt que es un algoritmo iterativo de minimización.

### 4.1.2.8 Evaluación del modelo

Una de las formas más claras y simples para evaluar un modelo es mediante el análisis de los residuales, se considera residual aquella parte de la realidad que no es explicada por el modelo:

$$e_t = X_t - \widehat{X}_t$$

Donde:

$\widehat{X}_t$  es el valor de estimado de  $X_t$  mediante el modelo.

Cuando el tamaño de la muestra es grande al analizar los residuales se analiza básicamente lo que debería ser la realización de un proceso puramente aleatorio  $\{e_t\}$ .

Según Víctor Guerrero, dicho proceso debería cumplir con los siguientes supuestos:

1.  $\{e_t\}$  tiene media cero, para verificar este supuesto se deben calcular la media y la desviación estándar muestral de los residuales:

$$m(e) = \sum_{t=t'}^N e_t / (N - d - p)$$

y

$$\widehat{\sigma}_e = \sqrt{\sum_{t=t'}^N [e_t - m(e)]^2 / (N - d - p - q)}$$

Donde:

$$t'=d+p+1$$

Luego se construye el cociente:

$$\sqrt{N-d-p}m(e) / \hat{\sigma}_e$$

Y si su valor absoluto es menor que 2 se dice que no hay evidencia de que la media sea significativamente distinta de cero. De lo contrario se dice que existe una parte determinista de la serie que no ha sido considerada por el modelo, en este caso hay dos opciones: agregarla mediante la inclusión de  $\theta_0$  en el modelo, que sea estimado con los demás parámetros o bien considerar la posibilidad de que un término autorregresivos o una diferenciación más sean necesarios en el modelo y así evitar una tendencia puramente determinista.

2.  $\{e_t\}$  tiene varianza constante, para verificar este supuesto debe hacerse una gráfica de los residuales contra el tiempo y observar si su comportamiento parece o no ser constante, pues solamente los casos severos de variabilidad llegan a dar problemas. Sólo en los casos en los su varianza obedezca algún patrón de crecimiento o decrecimiento es posible aplicar alguna transformación que establezca la varianza de la serie.

3. Las variables aleatorias  $\{e_t\}$  son mutuamente independientes. Primero se calcula la función de autocorrelación de los residuales  $\{r_k(e)\}$  y dado que independencia implica la inexistencia de autocorrelación debe suceder que:  $\rho_k=0$  para toda  $k>0$ . Al igual que en el caso de las observaciones de la serie, es necesario contar con un criterio respecto de cuando un  $r_k(e)$  es significativamente diferente de cero, para esto se utiliza el estadístico  $Q$  de Ljung y Box que prueba de manera simultanea la significancia de las primeras  $k$  autocorrelaciones:

$$Q = (N-d-p)(N-d-p+2) \sum_{k=1}^K r_k^2(e) / (N-d-p-k)$$

en donde si  $K>20$  sigue aproximadamente una distribución  $\chi^2$  con  $K-p-q$  grados de libertad, de aquí que el valor de  $Q$  se compara con los valores en tablas de dicha distribución con los correspondientes grados de libertad para hacer la prueba. Cuando la verificación indica que la autocorrelaciones no son las correspondientes a las de un proceso puramente aleatorio, es de suponerse que los residuales corresponden entonces a un cierto proceso ARMA, lo que se puede hacer en estos casos es graficar estas autocorrelaciones e identificar un proceso, el cual sugerirá modificaciones al modelo.



4.  $\{e_t\}$  tiene una distribución normal para toda  $t$ . Para una distribución normal aproximadamente el 95% de las observaciones están dentro del intervalo comprendido por dos veces la desviación estándar por debajo y por arriba de la media, entonces si se cumple que la media de los residuales sea cero se esperaría que a lo más un total de  $(N - d - p)/20$  observaciones estarán fuera del intervalo  $(-2\sigma_e, 2\sigma_e)$ . Para corroborar este punto es recomendable utilizar la gráfica de los residuales contra el tiempo que se utilizó para verificar el punto número dos. Es importante tener presente que este punto debe cumplirse para los residuales pero se está trabajando con una estimación de ellos por lo que es factible esperar pequeñas variaciones que no causan ningún problema.

5. Si un residual se encuentra fuera del intervalo comprendido por tres veces la desviación estándar por debajo y por arriba de la media implicaría que ha ocurrido un evento verdaderamente extraño o que el residual en cuestión corresponde a una observación que no fue generada por el mismo proceso de toda la serie. Pero antes de desecharla, lo que significaría una posible pérdida de información valiosa, se debe investigar la causa de tal observación.

Adicionalmente se dice que el modelo cumple con el principio de parsimonia si éste involucra la menor cantidad posible de parámetros, es decir no contempla aquellos que podrían considerarse iguales a cero y por ende no son necesarios para explicar el fenómeno.

Por otra parte, la principal causa de inestabilidad es la redundancia de parámetros de tal forma que un cambio en un parámetro puede compensarse con un cambio en otro, lo que implica que se debe estar alerta respecto a la existencia de correlaciones altas entre los parámetros, ya que éstas son indicadores de posible inestabilidad en el modelo.

### 4.1.3 El problema del pronóstico

Dadas las observaciones de una serie de tiempo hasta el tiempo  $N$ , se busca expresar  $x_{N+h}$  como una función de los datos observados  $x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, \dots$ , es decir:

$$\hat{x}_N(h) = g(x_N, x_{N-1}, \dots)$$

Una parte del análisis es la evaluación del pronóstico, con este propósito puede usarse una función de pérdida asociada, primero recordemos de la sección anterior como se definió un residual:  $e = (\text{valor observado} - \text{pronóstico})$ . Hay dos formas comunes de esta función:  $L(e) = ke^2$  ó  $L(e) = k|e|$  con  $k$  constante. Mediante estas funciones las diferencias tanto por exceso como por defecto pueden tratarse indistintamente.

En ocasiones se utiliza una medida de precisión en lugar de una medida de error, la más simple de éstas es el llamado *error cuadrático medio*:

$$E \left[ \left( X_{N+h} - \hat{x}_N(h) \right)^2 \right]$$

De hecho se puede mostrar que esta medida implica una función cuadrática de pérdida. En este sentido se dice que el mejor pronóstico será aquel que minimice dicho error. Cabe señalar que la medida de ajuste no es absoluta, es decir, el analista puede incluso definir su propia medida de ajuste de acuerdo a su juicio y/o los propósitos de su trabajo.

Si se quiere evaluar la expresión de la esperanza de un valor futuro  $E[X_{N+h} | X_N, X_{N-1}, \dots]$ , es necesario conocer la distribución de  $X_{N+h}$  dado  $X_N, X_{N-1}, \dots$  o encontrar la distribución conjunta de  $\{X_{N+h}, X_N, X_{N-1}, \dots\}$ , lo cual es posible en algunos casos, destacando los modelos lineales con errores normales, debido a esto la teoría de pronósticos presta especial atención a los modelos de la forma:

$$\hat{x}_N(h) = \sum_{i=0}^{N-1} w_i x_{N-i}$$

donde el problema se reduce a encontrar los valores  $\{w_i\}$  que minimicen el error cuadrático medio.

Ahora bien, un proceso ARMA generalmente se puede reescribir como un proceso MA posiblemente de orden infinito de la forma:

$$X_t = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j Z_{t-j}$$

Bajo este supuesto el error cuadrático medio del pronóstico está dado por:

$$\hat{x}_N(h) = \sum_{j=h}^{\infty} \psi_j Z_{N+h-j}$$

Donde se supone que tanto los valores de  $\{\psi_j\}$  como  $\{x_t, t \leq N\}$  son conocidos, entonces los valores  $\{Z_t, t \leq N\}$  denotados por  $\{z_t\}$  pueden encontrarse. Esta última ecuación se puede deducir a partir de la forma del proceso lineal general, presentada un paso antes, reemplazando los valores futuros de  $Z_t$  con cero y los pasados con los valores observados. Esto requiere que el error cuadrático medio del pronóstico de todos los futuros  $Z$ 's sea cero. Por ejemplo, en el caso de un proceso MA(2):

$$X_t = Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \theta_2 Z_{t-2}$$

El error cuadrático medio está dado por:

$$\hat{x}_N(h) = \begin{cases} \theta_1 z_N + \theta_2 z_{N-1} & h = 1 \\ \theta_2 z_N & h = 2 \\ 0 & h \geq 2 \end{cases}$$

De manera más general los pronósticos en un modelo ARMA pueden calcularse directamente de la ecuación reemplazando valores futuros de  $Z_t$  con cero, valores futuros de  $X_t$  con su esperanza condicional y los valores presentes y pasados de  $X_t$  y  $Z_t$  por sus valores observados. Véase el siguiente proceso ARMA(1,1):

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + Z_t + \theta_1 Z_{t-1}$$

El error cuadrático medio está dado por:

$$\hat{x}_N(h) = \begin{cases} \phi_1 z_N + \theta_1 z_N & h = 1 \\ \phi_1 \hat{x}_N(h-1) & h \geq 2 \end{cases}$$

Los pronósticos generalmente se calculan de forma recursiva. Pero es muy importante recalcar que en la práctica no se cuenta con un número infinito de observaciones como algunas de las ecuaciones anteriores asumen y que los valores de  $Z_t$  no son conocidos con exactitud, más bien se estiman mediante los *residuales*.<sup>49</sup>

Tómese por ejemplo el siguiente modelo ARMA(1,1):

$$X_t = 0.6X_{t-1} + Z_t + 0.2Z_{t-1}$$

De tal forma que los pronósticos se obtienen como:

---

<sup>49</sup> Chatfield (2004).

$$\begin{aligned}
\widehat{X}_t(1) &= E(X_{t-1}) \\
&= 0.6E(X_t) + E(Z_{t+1}) + 0.2E(Z_t) \\
&= 0.6X_t + 0.2[X_t - \widehat{X}_{t-1}(1)] \\
\widehat{X}_t(2) &= 0.6E(X_{t+1}) + E(Z_{t+2}) + 0.2E(Z_{t+1}) \\
&= 0.6\widehat{X}_t(1)
\end{aligned}$$

y en general:

$$\widehat{X}_t(h) = 0.6\widehat{X}_t(h-1) \quad \text{para } h \geq 2$$

que como puede verse es un proceso recursivo.

## 4.2 Pronóstico de la inflación en México

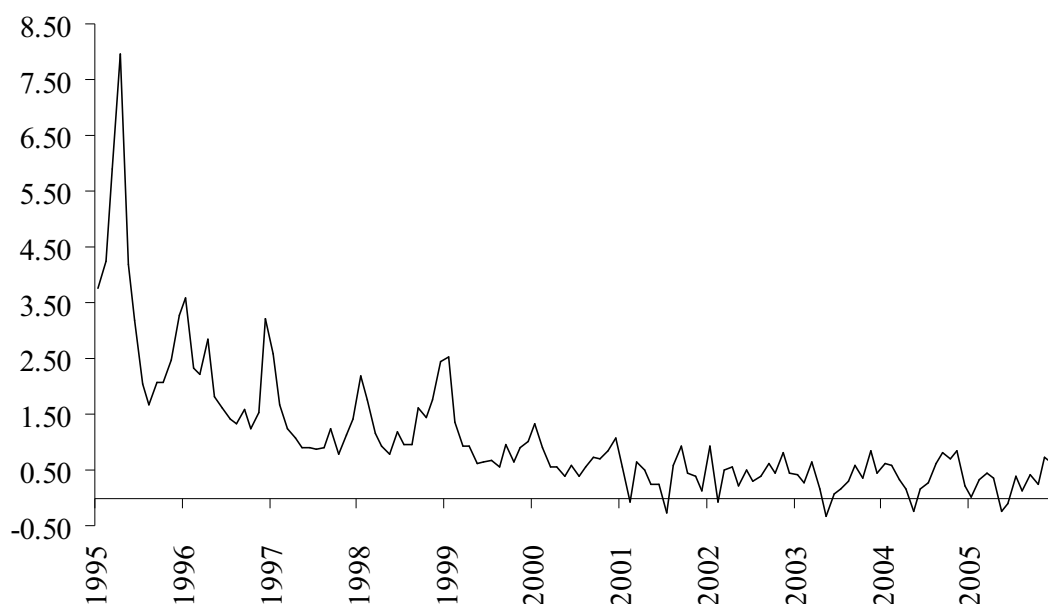
*“Pronosticar es como conducir un auto con los ojos vendados  
y la ayuda de alguien que mira por el espejo retrovisor”*

*Anónimo*

En la sección 3.4 se presentó una tabla que contiene los valores históricos de la inflación mensual en México durante el periodo 1980 – 2005. Estas observaciones constituyen una serie de tiempo ya que están hechas a intervalos regulares de tiempo. Para el presente ejercicio no se utilizará la totalidad de la serie, se utilizará solamente el periodo 1995 – 2005, contando así con un total de 132 observaciones.

Esta serie parcial será usada con fines de modelación, es decir, se buscará un modelo estadístico que describa el proceso de generación de los datos u observaciones, dicho modelo será univariado pues se basa únicamente en los valores pasados de la propia variable inflación mensual. Posteriormente el modelo encontrado se empleará con fines de pronóstico.

Como primer paso del análisis preliminar de la serie, se presenta la gráfica de tiempo de la serie:



Si bien es cierto que la serie presenta un comportamiento estable, también lo es el hecho de que muestra algunos valores demasiado altos en comparación con el resto que podrían considerarse como atípicos, éstos serán manipulados como parte de la limpieza de los datos con el objetivo de evitar que afecten el modelo.

Basta hacer una inspección visual para notar que la serie de interés muestra tendencia descendente por lo que se utiliza el filtro lineal:

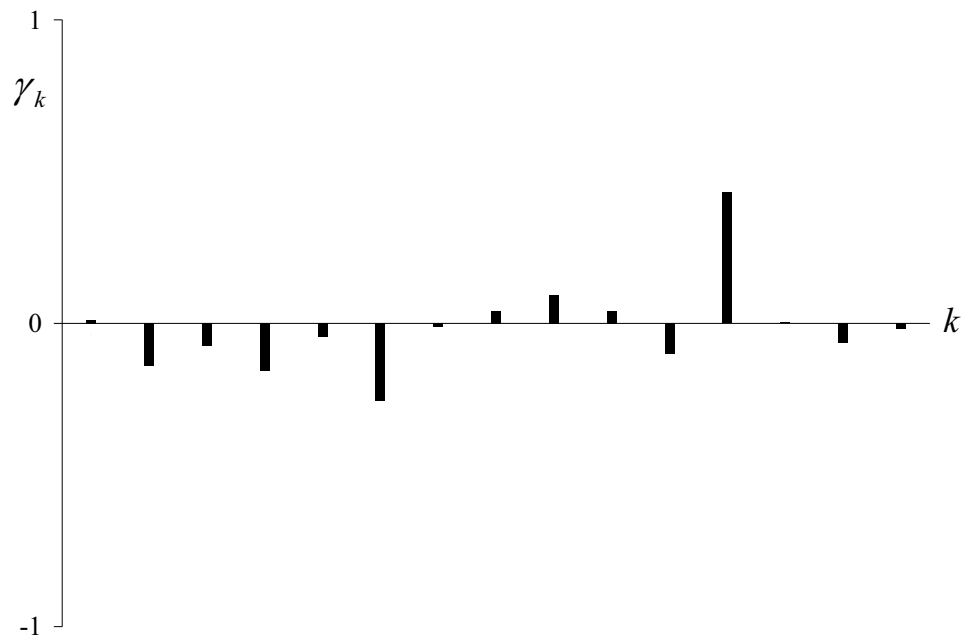
$$\nabla x_t = (x_t - x_{t-1})$$

Una vez que la serie ha sido diferenciada el siguiente paso es calcular las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial y graficarlas. Estas gráficas serán utilizadas como medio de elección del modelo de la serie, el desfase es de hasta 15 periodos, es decir  $k=0,1,2,\dots,15$ .

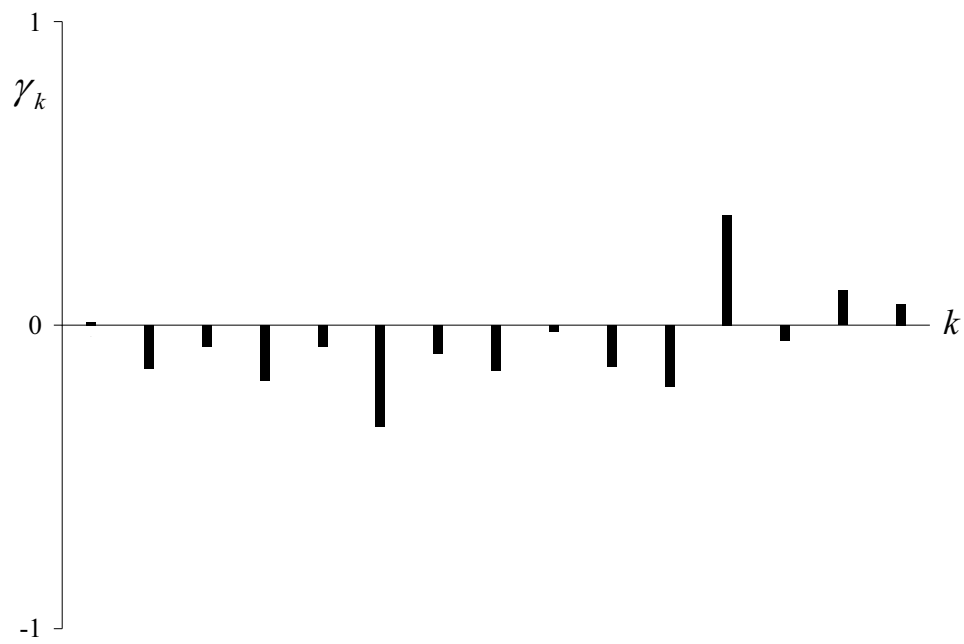
Un detalle muy importante respecto a la función de autocorrelación es el hecho de que el valor  $r_0$  es siempre igual a uno debido a la forma en que se calcula:

$$r_0 = \frac{c_0}{c_0}$$

razón por la cual se ha decidido omitirlo en el correlograma:



Correlograma de la serie.



Gráfica de la función de autocorrelación parcial.

Al analizar los coeficientes se han encontrado unos cuantos valores *diferentes* de cero.

En el caso de la función de autocorrelación solamente hay dos coeficientes que parecen diferir de cero significativamente, a saber: sexto y doceavo. Para la función de autocorrelación parcial existen tres valores: sexto, onceavo, doceavo. Lo anterior sugiere un modelo en el que se tomen en cuenta las observaciones con desfases seis y doce bajo el esquema de promedios móviles (MA) y bajo el de procesos autorregresivos (AR) se consideren los efectos con desfases seis, once y doce, es decir se trata de un proceso ARIMA(12,1,12).

Una vez que se ha identificado el modelo que se va a utilizar, se prosigue a estimar los parámetros del mismo, en este caso se hace siguiendo el método de máxima verosimilitud. Los resultados de las estimaciones de los parámetros del modelo son:

$$\begin{aligned}\theta_6 &= 0.15 \\ \theta_{12} &= 0.31 \\ \phi_6 &= -0.03 \\ \phi_{11} &= -0.03 \\ \phi_{12} &= 0.74\end{aligned}$$

De esta forma el modelo inicial propuesto es:

$$X_t = -0.03X_{t-6} - 0.03X_{t-11} + 0.74X_{t-12} + 0.15Z_{t-6} + 0.31Z_{t-12} + Z_t$$

Con base en este modelo se reconstruye la serie y además se hace un pronóstico para los siguientes doce meses:

Mes / Año	Inflación	Pronóstico	Residual	Mes / Año	Inflación	Pronóstico	Residual
Ene-95	3.764			Ene-98	2.176	1.547	0.629
Feb-95	4.238	3.764	0.474	Feb-98	1.751	1.671	0.079
Mar-95	5.200	4.216	0.984	Mar-98	1.171	1.552	-0.380
Abr-95	5.500	5.155	0.345	Abr-98	0.936	1.303	-0.368
May-95	4.180	5.487	-1.307	May-98	0.797	0.624	0.172
Jun-95	3.174	4.241	-1.067	Jun-98	1.182	0.694	0.488
Jul-95	2.039	3.235	-1.197	Jul-98	0.964	0.972	-0.007
Ago-95	1.659	1.920	-0.261	Ago-98	0.961	0.977	-0.016
Sep-95	2.069	1.324	0.744	Sep-98	1.622	1.295	0.327
Oct-95	2.058	1.919	0.139	Oct-98	1.433	1.447	-0.014
Nov-95	2.466	2.524	-0.058	Nov-98	1.771	1.580	0.191
Dic-95	3.258	2.805	0.453	Dic-98	2.440	1.923	0.517
Ene-96	3.595	3.621	-0.026	Ene-99	2.525	2.842	-0.317
Feb-96	2.334	3.852	-1.518	Feb-99	1.344	2.206	-0.862
Mar-96	2.201	2.710	-0.509	Mar-99	0.929	0.970	-0.041
Abr-96	2.843	2.396	0.446	Abr-99	0.918	0.882	0.036
May-96	1.823	2.164	-0.341	May-99	0.602	0.706	-0.105
Jun-96	1.628	1.246	0.382	Jun-99	0.657	0.642	0.015
Jul-96	1.422	1.037	0.385	Jul-99	0.661	0.544	0.117
Ago-96	1.329	1.448	-0.119	Ago-99	0.563	0.810	-0.247
Sep-96	1.599	1.542	0.057	Sep-99	0.966	0.977	-0.011
Oct-96	1.248	1.458	-0.210	Oct-99	0.633	0.813	-0.180
Nov-96	1.515	1.617	-0.102	Nov-99	0.889	0.827	0.062
Dic-96	2.400	1.935	0.465	Dic-99	1.002	1.218	-0.216
Ene-97	2.572	2.650	-0.079	Ene-00	1.343	1.188	0.155
Feb-97	1.680	2.124	-0.444	Feb-00	0.887	0.791	0.097
Mar-97	1.245	1.699	-0.454	Mar-00	0.554	0.581	-0.026
Abr-97	1.080	1.664	-0.583	Abr-00	0.569	0.584	-0.015
May-97	0.913	0.439	0.474	May-00	0.374	0.347	0.027
Jun-97	0.887	0.560	0.327	Jun-00	0.592	0.440	0.152
Jul-97	0.871	0.625	0.246	Jul-00	0.390	0.527	-0.137
Ago-97	0.889	0.925	-0.035	Ago-00	0.549	0.380	0.170
Sep-97	1.245	1.168	0.077	Sep-00	0.730	0.879	-0.149
Oct-97	0.799	1.134	-0.334	Oct-00	0.689	0.532	0.157
Nov-97	1.119	0.931	0.188	Nov-00	0.855	0.858	-0.003
Dic-97	1.401	1.580	-0.179	Dic-00	1.083	0.965	0.118

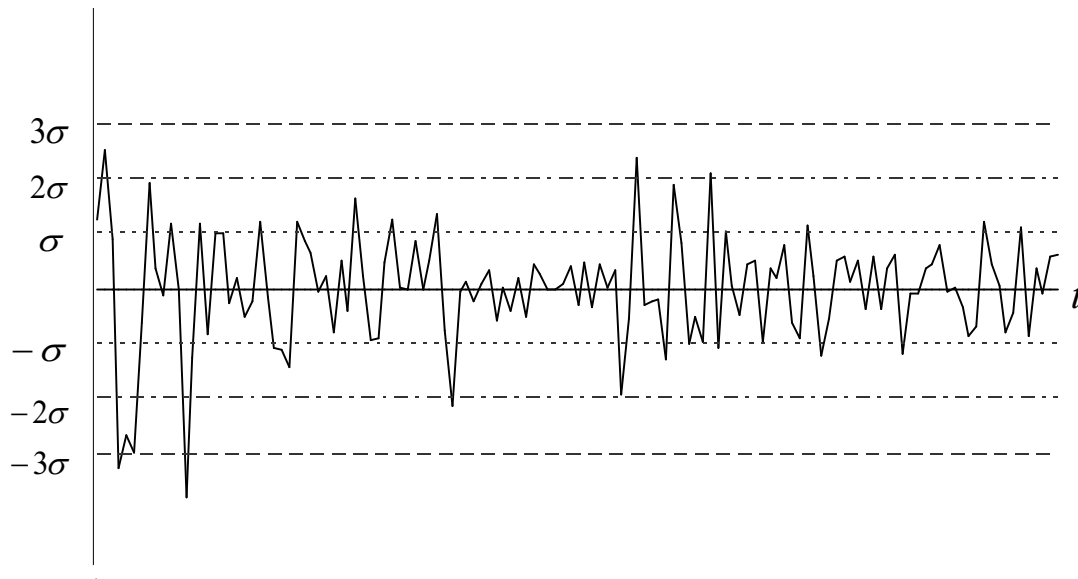


Mes / Año	Inflación	Pronóstico	Residual	Mes / Año	Inflación	Pronóstico	Residual
Ene-01	0.554	1.331	-0.777	Ene-04	0.622	0.493	0.129
Feb-01	-0.066	0.165	-0.231	Feb-04	0.598	0.368	0.230
Mar-01	0.634	-0.289	0.922	Mar-04	0.339	0.814	-0.475
Abr-01	0.504	0.633	-0.129	Abr-04	0.151	0.201	-0.050
May-01	0.229	0.338	-0.109	May-04	-0.251	-0.205	-0.046
Jun-01	0.237	0.326	-0.090	Jun-04	0.160	0.028	0.132
Jul-01	-0.260	0.260	-0.520	Jul-04	0.262	0.108	0.154
Ago-01	0.592	-0.146	0.739	Ago-04	0.617	0.322	0.295
Sep-01	0.931	0.611	0.320	Sep-04	0.827	0.867	-0.040
Oct-01	0.452	0.868	-0.416	Oct-04	0.693	0.706	-0.014
Nov-01	0.377	0.594	-0.217	Nov-04	0.853	1.002	-0.149
Dic-01	0.138	0.541	-0.403	Dic-04	0.207	0.567	-0.360
Ene-02	0.923	0.107	0.816	Ene-05	0.004	0.282	-0.279
Feb-02	-0.064	0.369	-0.433	Feb-05	0.333	-0.134	0.467
Mar-02	0.512	0.111	0.401	Mar-05	0.451	0.296	0.155
Abr-02	0.546	0.545	0.002	Abr-05	0.356	0.347	0.009
May-02	0.203	0.411	-0.209	May-05	-0.251	0.075	-0.326
Jun-02	0.488	0.323	0.164	Jun-05	-0.096	0.085	-0.181
Jul-02	0.287	0.101	0.186	Jul-05	0.391	-0.032	0.423
Ago-02	0.380	0.775	-0.394	Ago-05	0.119	0.473	-0.354
Sep-02	0.601	0.469	0.133	Sep-05	0.401	0.265	0.135
Oct-02	0.441	0.377	0.063	Oct-05	0.245	0.301	-0.055
Nov-02	0.809	0.504	0.304	Nov-05	0.720	0.504	0.216
Dic-02	0.435	0.697	-0.261	Dic-05	0.614	0.382	0.232
Ene-03	0.404	0.775	-0.370	Ene-06		0.459	
Feb-03	0.278	-0.157	0.434	Feb-06		0.616	
Mar-03	0.631	0.552	0.079	Mar-06		0.629	
Abr-03	0.171	0.664	-0.493	Abr-06		0.590	
May-03	-0.323	-0.088	-0.235	May-06		0.187	
Jun-03	0.083	-0.103	0.186	Jun-06		0.310	
Jul-03	0.145	-0.070	0.215	Jul-06		0.554	
Ago-03	0.300	0.267	0.033	Ago-06		0.448	
Sep-03	0.595	0.405	0.190	Sep-06		0.620	
Oct-03	0.367	0.533	-0.167	Oct-06		0.507	
Nov-03	0.830	0.609	0.221	Nov-06		0.808	
Dic-03	0.430	0.594	-0.164	Dic-06		0.658	

Con el fin de evaluar del modelo se usarán los supuestos expuestos en la sección 4.1.2.8.

Para verificar el supuesto 1 se calculan la media y la desviación estándar de los residuales y se construye el cociente ahí descrito. Se encuentra el valor de  $-0.606$  cuyo valor absoluto es menor que 2; de lo que se concluye que no hay evidencia de que la media sea significativamente distinta de cero.

Ahora, al graficar los residuales contra el tiempo, su valor medio y los intervalos correspondientes a una, dos y tres desviaciones estándar se obtiene:



Mediante esta gráfica es posible observar que el comportamiento de la varianza de los residuales es constante, no hay en ella evidencia de crecimiento ni decrecimiento sistemático. Debe tenerse presente, que solamente irregularidades muy severas llegan a causar problemas, pues éstas sugieren que el modelo no explica la totalidad de los datos. El supuesto número 2 se cumple:  $\{e_t\}$  tiene varianza constante.

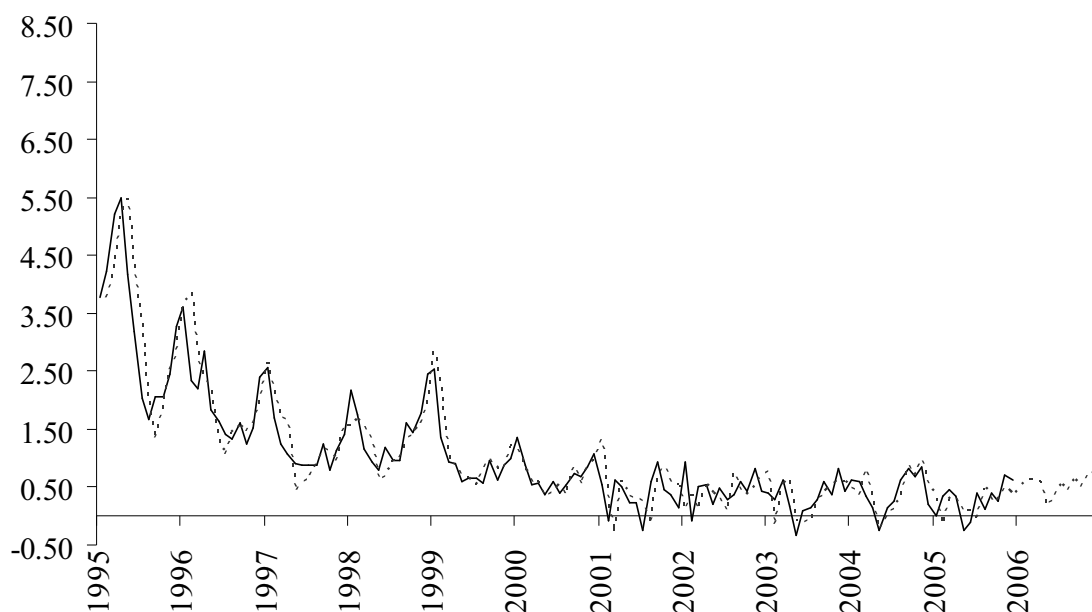
Para el supuesto número 3 que señala que las variables aleatorias  $\{e_t\}$  son mutuamente independientes se prueban simultáneamente los primeros 24 coeficientes de autocorrelación, los cuales cumplen con la prueba del estadístico  $Q$  cuyo valor es 21.579.

$k$	$r_k(e)$	$k$	$r_k(e)$	$k$	$r_k(e)$
1	0.075	9	0.051	17	0.007
2	-0.229	10	0.054	18	0.011
3	-0.158	11	-0.096	19	0.009
4	-0.189	12	-0.071	20	0.039
5	-0.037	13	0.080	21	0.006
6	0.062	14	0.005	22	0.027
7	0.058	15	-0.024	23	0.018
8	0.077	16	-0.084	24	0.009

Para comprobar que los residuales obedecen una distribución normal, se calcula el estadístico  $(N - d - p)/20$  obteniendo el valor de 6. Por otro lado, un conteo de los valores residuales que rebasan el intervalo comprendido entre  $(-2\sigma_e, 2\sigma_e)$  dice que son 8. Aquí se recurre a la premisa de que es factible esperar pequeñas variaciones debido a que no se trata los residuales sino de una estimación de éstos. Nótese que el 94.61% de las observaciones están dentro del intervalo mencionado. Además de este cálculo es posible apoyarse en la gráfica de los residuales contra el tiempo y los intervalos comprendidos entre los múltiplos de su desviaciones estándar, presentada anteriormente. Como conclusión se señala que la distribución de los residuales es normal y el supuesto número 4 se cumple.

Respecto al supuesto número 5, el cual se refiere a la existencia de valores atípicos, se puede ver que hay algunos, su explicación es que corresponden a observaciones de la serie cuyos valores son muy altos, apreciables desde la gráfica de tiempo de la serie original.

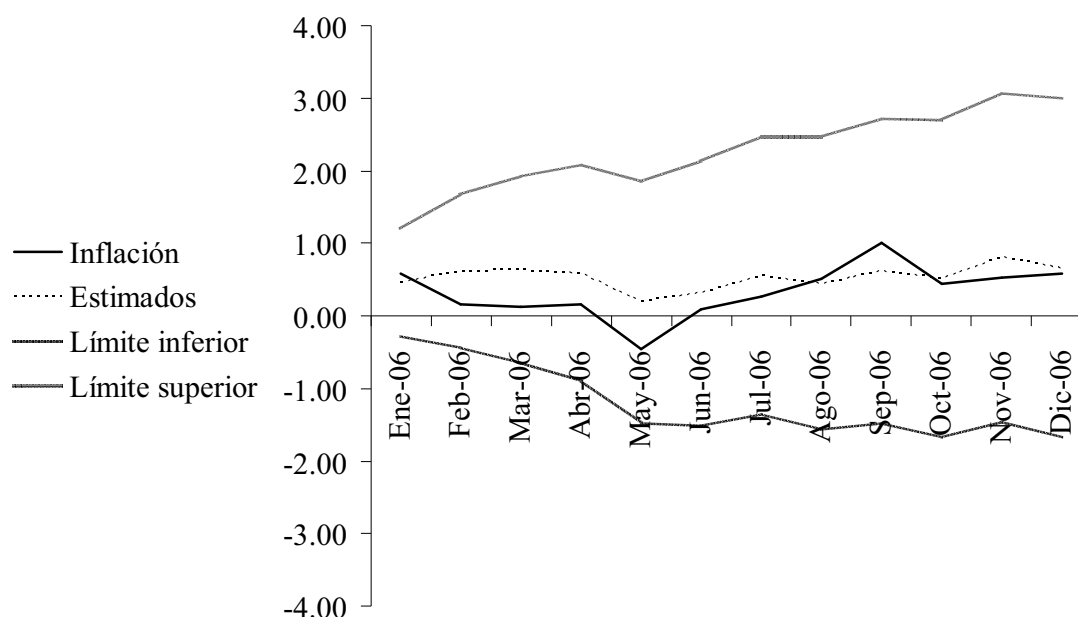
Finalmente se presenta la gráfica que muestra tanto los valores observados de la serie (línea sólida), como los construidos a partir del modelo (línea punteada). Como puede observarse para el año 2006 solamente se cuenta con valores pronosticados.



En la siguiente tabla se muestra con mayor detalle el pronóstico de los siguientes doce meses posteriores al término de la serie, adviértase que el tamaño del intervalo de confianza es cada vez mayor, disminuyendo así la precisión mientras más lejano es el pronóstico.

Mes / Año	Inflación	Pronóstico	Residual	Intervalo de confianza del 95%	
				límite inferior	límite superior
Enero-06	0.590	0.459	0.131	-0.284	1.202
Febrero-06	0.150	0.616	-0.466	-0.434	1.667
Marzo-06	0.130	0.629	-0.499	-0.658	1.915
Abril-06	0.150	0.590	-0.440	-0.895	2.075
Mayo-06	-0.450	0.187	-0.637	-1.474	1.848
Junio-06	0.090	0.310	-0.220	-1.509	2.129
Julio-06	0.270	0.554	-0.284	-1.363	2.471
Agosto-06	0.510	0.448	0.062	-1.562	2.458
Septiembre-06	1.010	0.620	0.390	-1.479	2.719
Octubre-06	0.440	0.507	-0.067	-1.678	2.691
Noviembre-06	0.520	0.808	-0.288	-1.459	3.075
Diciembre-06	0.580	0.658	-0.078	-1.682	2.997

Gráficamente:



Los valores pronosticados siguen el comportamiento típico de una estimación, pues toman tanto valores ligeramente mayores como menores, el cálculo es consistente, pues un modelo que siempre arroja valores ya sean negativos o positivos está subestimando o sobreestimando, según sea el caso, el fenómeno en cuestión, es decir: aún habría información “determinista” por extraer.

Obsérvese una vez más el modelo propuesto:

$$X_t = -0.03X_{t-6} - 0.03X_{t-11} + 0.74X_{t-12} + 0.15Z_{t-6} + 0.31Z_{t-12} + Z_t$$

es claro que tanto el primero como el segundo parámetros agregan poco al modelo, pues su valor es muy pequeño, de modo que observando el principio de parsimonia el modelo final es:

$$X_t = 0.74X_{t-12} + 0.15Z_{t-6} + 0.31Z_{t-12} + Z_t$$

Los efectos sobre los cálculos son despreciables.

El ejercicio se realiza con la ayuda del software SAS (*Statistical Analysis Software*); el código de programación es el siguiente:

```
proc arima data=datos;
  identify
    var=Inflacion(1)
    nlag=15;
  run;
  estimate
    p=(6, 11, 12) q=(6, 12)
    noconstant
    method=ml
    outmodel=modelo;
  run;
  forecast
    id=Obs
    interval=month
    lead=12
    alpha=0.05
    out=pronostico;
  run;
quit;
```

Mediante este código se le dan las siguientes instrucciones al software:

- Sentencia *identify*: tomar la variable “Inflacion”, diferenciar una vez y calcular correlaciones para desfases de hasta 15 periodos.
- Sentencia *estimate*: estima los parámetros para un modelo AR con retrasos 6, 11 y 12 y los de un MA con retrasos 6 y 12 mediante el método de máxima verosimilitud y evitando constantes en el modelo.
- Sentencia *forecast*: reconstruye la serie a partir del modelo recién estimado desde su inicio en el tiempo hasta 12 periodos mensuales más allá de su fin. Además estima intervalos de confianza del 95% para cada pronóstico.

---

## Conclusiones

El dinero y su pérdida de valor a través del tiempo es un tema cotidiano, la inflación, que es el nombre de este fenómeno nos afecta a todos dado que vivimos inmersos en complejos entornos económicos en los que no solo participan factores internos sino además externos, tal como es el caso de sistemas económicos de otros países. Es así como se llega a los llamados indicadores macroeconómicos que son un esfuerzo por medir la evolución de dichos sistemas económicos.

Uno de los temas más importantes de la economía de un país es el nivel de vida de sus habitantes y dado que ninguno de los indicadores macroeconómicos describe con precisión este tema, se recurre al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) en un intento por medir dicho bienestar. El INPC resulta de gran ayuda porque mediante él se puede medir la variación de los precios que se pagan por los bienes y servicios que se venden en la economía, con esto además de tener una medida de los cambios del nivel de vida, se calcula la tasa de inflación que proporciona una idea clara del valor del dinero conforme transcurre el tiempo.

La idea del INPC es el cálculo del gasto de una familia representativa de la economía mexicana, lo cual se logra mediante la canasta básica. Es muy importante recordar que la canasta básica debe actualizarse cada cierto tiempo y así garantizar que la canasta utilizada para calcular el índice sea razonablemente parecida a los bienes y servicios que compran los consumidores. La observación es en el sentido de que el INPC vigente cuenta con bases de comparación y de ponderación ya muy alejadas del presente, 2002. Ello da lugar a que no sólo sea apropiado, sino necesario que se lleve a cabo su actualización.

Ahora bien, los cambios en la tasa de inflación es un asunto que no le interesa solamente al Estado por ser el responsable de garantizar el bienestar de la población sino a cualquier entidad económica, y su análisis cuyos fines pueden variar desde la simple descripción hasta el pronóstico pasando por el control, se hace mediante la magnífica herramienta matemática del Análisis de Series de Tiempo.

Este tipo de análisis depende en cierta medida del conocimiento previo, criterio y fines del analista. En este caso el análisis de la inflación presentado en el capítulo cuatro se hace con información mensual que es la de más común uso. Un aspecto muy importante es que este análisis no utiliza toda la información disponible porque la gráfica de tiempo muestra que existen cambios drásticos en el comportamiento, obsérvese el periodo 1982 – 1988 que presenta valores que prácticamente duplican los valores más altos del periodo 1995 – 2005. Una situación semejante sucede con los periodos 1989 – 1994 y 1995 – 2005, siendo este último el que muestra mayor estabilidad y consecuentemente mayor facilidad al momento de trabajarlo (ver gráficas de las páginas 42 y 43).

---

La modelación se hizo sobre una serie parcial debido a que el ajustar a la serie completa presenta serias dificultades, además de un sensible detrimento en la calidad del modelo, esto ve su origen en la gran inestabilidad de los datos. Es decir, si se contempla el periodo completo el comportamiento de la tasa de inflación no es congruente. Dicha serie parcial constituye una fuente de información reciente y matemáticamente suficiente, creando así las condiciones propicias para el análisis.

El modelo calculado cumple con los supuestos que se detallan en la sección 4.1.2.8 (Evaluación del modelo) por lo que se considera aceptable y su capacidad explicativa es satisfactoria como puede apreciarse en el pronóstico propuesto. Es de destacar que existe cierta dependencia entre cada mes de un año y el mismo mes del año inmediatamente anterior, esto sugiere que en el periodo estudiado los meses se comportan de manera semejante cada año, es decir, la serie muestra la existencia del componente estacionalidad.

Si se pone especial atención a las doce observaciones que se construyeron mediante el modelo propuesto y a sus intervalos de confianza se puede ver que a medida que el pronóstico es más lejano se pierde precisión. Este problema puede enfrentarse mediante la constante revisión y “mantenimiento” de los modelos, lo que lleva a concluir que debe haber retroalimentación entre la realidad y su abstracción pues se trata de un sistema dinámico porque el fenómeno presenta cambios o evolución en su estado con el paso del tiempo. Cabe señalar que los resultados aquí obtenidos son de muy fácil actualización gracias al uso de sistemas informáticos.

El comportamiento estimado de 2006 dice que la inflación seguiría siendo baja, como lo fue desde 2001, pero a diferencia de los tres años anteriores (2005, 2004 y 2003) en lo que incluso hubo deflación, en 2006 no se esperaría. Esto resulta muy interesante ya que podría tratarse de un periodo en el que la inflación empiece a mostrar crecimiento, sin embargo lo anterior no es contundente pues no se debe perder de vista lo señalado en el párrafo anterior: debe haber una constante revisión del modelo.



---

## Bibliografía

- Blanchard, Olivier. (1997) Macroeconomía. Prentice Hall.
- Bradford, Delong. (2002) Macroeconomía. McGraw Hill.
- Brockwell, Peter y Davis, Richard. (1987) Time series theory and methods. Springer.
- Chatfield, Chris. (2000) Time – series forecasting. Chapman & CRC.
- Chatfield, Chris. (2004) The analysis of time series: an introduction. Chapman & CRC.
- De Gregorio, José. (2007) Macroeconomía Teoría y Políticas. Prentice Hall.
- Guerrero, Víctor M. (2003) Análisis estadístico de series de tiempo económicas. Thomson.
- Hall, Robert y Lieberman, Marc. (2005) Macroeconomía principios y aplicaciones. Thomson.
- Hall, Robert y Taylor, John. (1992) Macroeconomía, Antoni Bosch.
- Larraín, Felipe y Sachs, Jeffrey D. (2003) Macroeconomía en la economía global. Pearson.
- LeRoy Miller, Roy y VanHoose, David. (2005) Macroeconomía, Teorías, políticas y aplicaciones internacionales. Thomson.
- Parkin, Michael; Esquivel, Gerardo; Muñoz, Mercedes. (2007) Macroeconomía versión para Latinoamérica. Addison Wesley.

## Referencias electrónicas

- Mattar, Jorge; Foro Internacional Políticas Públicas para el desarrollo de México, México: El Reto Macroeconómico del Empleo; [http://www.foropoliticaspUBLICAS.org.mx/docs/Empleo\\_Jorge%20Mattar\\_CEPAL.pdf](http://www.foropoliticaspUBLICAS.org.mx/docs/Empleo_Jorge%20Mattar_CEPAL.pdf) (diciembre 2008).
- Negrete, Rodrigo; ¿Por qué han sido bajas las tasas de desempleo abierto en México?: una guía básica ilustrada; <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/economicas/tasas.pdf> (diciembre de 2008).

---

Ruiz, Héctor. (2006); Inflación en México en los últimos 36 años;  
<http://www.ocei.es/docs/MX/informes/ME0306.pdf> (febrero y marzo de 2009).

Sánchez, Isaac; Evaluación del desempeño macroeconómico mexicano 2000 – 2005;  
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2005/ilsj-macr.pdf> (diciembre 2008).

Servicio de Administración Tributaria; Cuadro histórico de los salarios mínimos (1982–2009);  
[http://www.sat.gob.mx/sitio\\_Internet/asistencia\\_contribuyente/informacion\\_frecuente/salarios\\_minimos/45\\_7369.html](http://www.sat.gob.mx/sitio_Internet/asistencia_contribuyente/informacion_frecuente/salarios_minimos/45_7369.html) (febrero 2010).

<http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe> (febrero y marzo de 2009).

<http://www.banxico.org.mx/eInfoFinanciera/Infecon/cuadros/CambioBaseINPC.pdf> (abril y mayo de 2009).

<http://www.banxico.org.mx/inpc/> (abril y mayo de 2009).

<http://www.banxico.org.mx/inpc/pdf/inpc2.pdf> (abril y mayo de 2009).

<http://www.banxico.org.mx/polmoneinflacion/estadisticas/indicesPrecios/CambioBaseINPC.pdf> (abril y mayo de 2009).

<http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/inflacion/inflacion.html> (febrero y marzo de 2009).

<http://www.imf.org/external/spanish/index.htm> (diciembre 2009).

<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/economicas/tasas.pdf> (diciembre de 2008).

<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx> (diciembre de 2008).

<http://www.mexicomaxico.org/> (abril y mayo de 2009).

<http://www.worldbank.org/> (diciembre de 2008).