



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**TESIS**

**Análisis en series de tiempo del comportamiento activo de la banca  
comercial y la actividad económica: México 2000-2017**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

**Jair Roberto Pulido Lua**

DIRECTOR DE TESIS:

**Mtro. Raymundo Ildefonso Moscosa Mora**

Ciudad Universitaria,  
Cd. Mx. Otoño, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*En la hechura de uno mismo  
(o agradecimientos)*

*Nadie te recordará por tus nobles  
pensamientos secretos*  
Gabriel García Márquez  
Última carta

Un trabajo como lo es una tesis, y en consecuencia la licenciatura, no sólo es resultado de una sola persona. En principio, se debe señalar la importancia que tienen todos aquellos pensadores que influyen, a través de sus ideas plasmadas en textos que persisten en el tiempo, en nuestro conocimiento sobre la diversidad de temas e interpretaciones que constituyen el estudio de la economía y otros temas, relacionados o no, y que son más de los que se incluyen en la bibliografía del trabajo.

Así mismo, es indispensable en la formación de cualquier universitario la enseñanza de profesores de todas áreas. Sin embargo, y siendo tal vez un tanto injusto, sólo una proporción de ellos son los que me han dejado un conocimiento que excede al común en las aulas de clases. Ejemplo de esto son José de Jesús Rodríguez Vargas, Rodolfo González, Javier Núñez, Rafael Urban, Adriana Ruíz, Eloísa Andjel, José Mario Contreras, Carlos Panico, Raymundo Moscota, Héctor Romero, Delfina Ramírez, Edgar Amador, José Miguel Moreno y Samuel García.

Pero el camino como economista no comenzó en la Facultad de Economía, sino antes, en los salones, los pasillos y las pláticas en las tardes de CCH Oriente. Es vital el papel de mi época preparatoria, y junto al orgullo de haber estudiado ahí (siempre he sentido que no hay más personas más orgullosas de su bachillerato que los que estudiamos en algún CCH, y en especial los del Oriente), son piezas fundamentales en mi posterior desarrollo universitario. Los profesores de CCH-O promovieron sin duda alguna mi interés por las matemáticas y la investigación.

Mi agradecimiento a la FE y a la UNAM es infinito.

No se puede mencionar, ya que no hay conjunto posible o combinación suficiente y precisa de palabras para describirlo, a menos que paradójicamente se escriba una tesis con un axioma de hipótesis, el efecto que tuvo en mí el esfuerzo de mis padres y su tremenda paciencia en todo el ciclo universitario; junto a ellos incluyo a mis hermanas, cuyo apoyo y vivencias fueron indispensables. Tampoco he dejado nunca de lado las enseñanzas de mi abuelo Sabino, que se conservan en mi hipocampo, pero son emitidas en flashbacks continuos por mi corteza prefrontal.

En la necesaria formación de un economista, se debe tener como complemento una perspectiva amplia de la sociedad y el comportamiento humano. No hubiera sido tan

nítido y divertido ampliar este conocimiento en el campo práctico de no ser por mis amigos, U y R (you know who you are).

En los últimos años he aprendido que la distancia, cuando no se trata de amor en pareja, ejerce un poder sustancial en el afecto entre personas al encuentro premeditado, en especial si éste tiene lugar en las tierras michoacanas. Siempre ha sido un goce poder convivir en tiempo discreto e irregular con la familia que sigue viviendo, y a la que sigue yendo a pasar las fiestas populares en una tracción inquebrantable del cálido lazo familiar, en La Esperanza, Cotija, municipio de la imperecedera Michoacán.

Cada persona es producto de las experiencias de muchas personas, experiencias que dejan de ser privadas y terminan convirtiéndonos, junto a las aventuras propias, en nosotros mismos.

Las virtudes que tiene este trabajo se deben a mi asesor, Raymundo Moscota, a quien le agradezco su tiempo, sus consejos y sus comentarios que fueron aprovechados para tener un trabajo terminado y satisfactorio. La oportunidad que me dio al aceptarme como su tesista originó un nuevo camino invaluable para mi desarrollo académico y profesional.

La presente investigación es una versión mejorada de aquella que tenía antes de conversar con mis sinodales: José Venancio Ruíz Rocha, Rosa María García Torres, Hortensia Martínez Valdez y Horacio Catalán Alonso. Sus comentarios fueron indispensables para mejorar este trabajo. Inagotables gracias.

## Índice general

Índice de gráficas .....	4
Introducción a la tesis .....	7
<b>Capítulo 1. El comportamiento bancario y la actividad económica en una relación de la teoría económica</b> .....	<b>10</b>
1.1 La intermediación financiera y el multiplicador monetario .....	11
1.2 Teoría Cuantitativa del Dinero de Fisher .....	12
1.3 La tasa de interés en la teoría de Fisher.....	13
1.3.1 Decisiones intertemporales .....	14
1.3.2 Tasa de interés real.....	15
1.3.3 Tasa de interés en un mercado de competencia perfecta .....	16
1.3.4 Tasa de interés con diferentes flujos de ingreso y oportunidades de inversión ...	18
1.3.5 Consideraciones sobre el riesgo .....	19
1.4 Relación entre la tasa de interés y los precios .....	19
1.5 Wicksell y la tasa de interés natural .....	23
1.7 Keynes: el dinero y su creación en el <i>Tratado del Dinero</i> .....	31
1.8 Tasa de interés y preferencia por la liquidez en la <i>Teoría General</i> .....	32
1.8.1 Incertidumbre, inestabilidad y tasas de interés.....	33
1.9 Inversión y financiamiento bancario en los escritos de Keynes .....	35
1.10 Minsky: dinero y los motivos de preferencia por la liquidez .....	36
1.11 Carteras de inversión y estructuras financieras de Minsky .....	37
1.12 La banca comercial en Minsky: financiamiento y especulación .....	39
1.13 Hipótesis de la Inestabilidad Financiera.....	40
1.13 Escuela francesa de la Teoría del Circuito Monetario.....	43
1.14 Conclusiones del capítulo.....	44
<b>Capítulo 2. Series de tiempo y su análisis moderno</b> .....	<b>46</b>
2.1 Ecuaciones diferenciales temporales .....	47
2.1.1 Raíces Unitarias.....	49
2.2 Series de tiempo univariadas .....	50
2.2.1 Estacionariedad .....	51

2.2.2 Modelos ARMA.....	51
2.2.3 Condiciones de estacionariedad en un MA(q) .....	52
2.2.4 Condiciones de estacionariedad en un AR(p) .....	54
2.3 Función de Autocorrelación .....	57
2.3.1 Función de autocorrelación parcial .....	61
2.3.2 Identificación de modelos .....	63
2.4 Problemas de estacionariedad.....	63
2.4.1 Modelo ARIMA(p, d, q) .....	64
2.4.2 Estacionalidad .....	65
2.5 Regresión espuria .....	65
2.6 Pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller, Dickey-Fuller Aumentada, Phillips-Perron, y estacionariedad (KPSS) .....	66
2.7 Modelos ARCH .....	70
2.7.1 Modelo GARCH .....	74
2.7.2 Identificación de un modelo GARCH.....	75
2.7.3 Modelo ARCH-M .....	76
2.8 Metodología Box-Jenkins.....	77
2.9 Análisis multiecuacional: Sistema de Vectores Autoregresivos .....	78
2.9.1 Estabilidad y estacionariedad en un VAR.....	81
2.10 Efecto de innovaciones: función impulso-respuesta .....	82
2.10.1 Descomposición de la varianza .....	84
2.11 Causalidad de Granger .....	86
2.12 Cointegración y Vector de Corrección del Error.....	86
2.13 Metodología Engle-Granger: orden de cointegración .....	88
2.14 Metodología Johansen: rango de la matriz del vector de autocorrección.....	89
2.14.1 Metodología de Johansen: determinando el número vectores cointegrados .....	91
2.15 Conclusiones del capítulo.....	93
<b>Capítulo 3. Comportamiento activo de la banca comercial y la actividad económica</b> .....	<b>95</b>
3.1 La banca comercial en México.....	95
3.2 Modelos univariantes.....	99
3.2.1 Cartera de crédito de la banca múltiple .....	103

3.2.2 Ingresos por intereses de cartera de crédito .....	105
3.2.3 Inversión en valores de la banca múltiple .....	108
3.2.4 Tasa de interés interbancaria .....	109
3.2.5 Tipo de cambio nominal.....	111
3.2.6 Índice Nacional de Precios al Consumidor .....	113
3.2.7 Índice de la Actividad Industrial .....	115
3.2.8 Producto Interno Bruto.....	117
3.2.9 Índice de Precios y Cotizaciones.....	118
3.3 Modelo multivariante del canal del crédito .....	120
3.3.1 Modelo VAR .....	120
3.3.2 Análisis de resultados.....	127
3.4 Modelo del mercado de valores y la actividad económica.....	129
3.4.1 Modelo VAR.....	129
3.4.2 Análisis de resultados.....	133
3.5 Modelo de la relación entre el PIB y el crédito .....	135
3.5.1 Modelo VAR .....	135
3.5.2 Modelo VEC .....	138
3.5.3 Complemento de resultados .....	139
3.5.4 Análisis de resultados.....	150
3.6 Panorama general de la tecnología financiera en el sector bancario comercial .....	151
3.7 Conclusiones del capítulo.....	155
<b>Conclusiones y reflexiones finales .....</b>	<b>157</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>165</b>

## Índice de gráficas

<b>GRÁFICA 1.1.</b> Ciclo tasa de interés-inflación en la teoría de Fisher .....	21
<b>GRÁFICA 1.2.</b> Tasa de interés real en Fisher.....	22
<b>GRÁFICA 1.3.</b> Tasa de interés monetaria y tasa natural constante .....	25
<b>GRÁFICA 1.4.</b> Tasa de interés monetaria y tasa natural no constante .....	25
<b>GRÁFICA 1.5.</b> Condiciones de precios relativos en la teoría del ahorro de Hayek .....	30
<b>GRÁFICA 2.1.</b> Solución estable en el tiempo de ecuación diferencial .....	48
<b>GRÁFICA 2.2.</b> Solución inestable en el tiempo de ecuación diferencial .....	49
<b>GRÁFICA 2.3.</b> Índice Nacional de Precios al Consumidor 2010-2017.....	65
<b>GRÁFICA 3.1.</b> Posiciones activas de la banca comercial en México.....	98
<b>GRÁFICA 3.2.</b> Composición de la cartera de crédito total.....	99
<b>GRÁFICAS 3.3.</b> Cartera de crédito real.....	103
<b>GRÁFICAS 3.4.</b> Ingresos por intereses de la cartera de crédito .....	106
<b>GRÁFICAS 3.5.</b> Inversión en valores de la banca comercial .....	108
<b>GRÁFICA 3.6.</b> Rendimiento de la TIIE a 30 días .....	110
<b>GRÁFICAS 3.7.</b> Tipo de cambio nominal peso-dólar .....	112
<b>GRÁFICAS 3.8.</b> Índice Nacional de Precios al Consumidor y la inflación.....	114
<b>GRÁFICAS 3.9.</b> Índice de la Actividad Industrial.....	115
<b>GRÁFICAS 3.10.</b> Producto Interno Bruto a precios constantes .....	117
<b>GRÁFICAS 3.11.</b> Índice de Precios y Cotizaciones .....	119
<b>GRÁFICA 3.12.</b> Raíces características en el círculo unitario (tiie, p, iic, tc) .....	121
<b>GRÁFICAS 3.13.</b> Funciones impulso-respuesta (tiie, p, iic, tc) .....	122
<b>GRÁFICAS 3.14.</b> Descomposición de la varianza (tiie, p, iic, tc) .....	125
<b>GRÁFICA 3.15.</b> Raíces características en el círculo unitario (iv, iai, ipc) .....	129
<b>GRÁFICAS 3.16.</b> Funciones impulso-respuesta (iv, iai, ipc) .....	130
<b>GRÁFICAS 3.17.</b> Descomposición de la varianza (iv, iai, ipc).....	132
<b>GRÁFICA 3.18.</b> Raíces características en el círculo unitario (pib, ccr) .....	136
<b>GRÁFICAS 3.19.</b> Funciones impulso-respuesta (pib, ccr) .....	136
<b>GRÁFICAS 3.20.</b> Descomposición de la varianza (pib, ccr).....	137
<b>GRÁFICA 3.21.</b> Crédito al SPNF por actividad económica.....	140
<b>GRÁFICA 3.22.</b> Fuente de financiamiento interno y externo del SPNF .....	141
<b>GRÁFICA 3.23.</b> Condiciones del mercado crediticio.....	142
<b>GRÁFICA 3.24.</b> Condiciones en el costo en el mercado crediticio.....	142



<b>GRÁFICA 3.25.</b> Tasas de interés implícitas .....	143
<b>GRÁFICA 3.26.</b> Tasa de interés por tamaño de empresas.....	144
<b>GRÁFICA 3.27.</b> Destino del crédito empresarial al capital de trabajo .....	145
<b>GRÁFICA 3.28.</b> Destino del crédito empresarial a la inversión.....	146
<b>GRÁFICA 3.29.</b> Cartera de crédito del G7 .....	147
<b>GRÁFICA 3.30.</b> Índice Herfindahl-Hirschman de la banca comercial.....	148
<b>GRÁFICA 3.31.</b> Proporción crédito a PIB por entidad federativa .....	149
<b>GRÁFICA 3.32.</b> Relación crédito de la banca múltiple a PIB .....	149

“Caballeros, debo recordarles que,  
mis probabilidades de éxito, aumentan en cada nuevo intento...”

John Nash

La confianza (o ingenuidad) de un tesista

## **Introducción a la tesis**

Una nueva banca comercial en México empieza a operar a finales de la década de 1990 cuando se eliminaron las restricciones al capital externo, permitiéndole participar libremente en el sector bancario nacional. Si bien como es natural se tuvo un principio de reconstrucción del sistema acorde a la experiencia y la nueva dirigencia en los bancos del país enfocada a objetivos específicos, es a partir de los primeros años de la década 2000 cuando se puede estudiar, a través de sus resultados financieros, a la banca que hoy se mantiene en funciones.

Es debido a lo descrito en el párrafo anterior que el estudio de la banca en México en el presente trabajo empieza en el año 2000, año que, por demás, es cuando se generan las primeras publicaciones de los estados financieros del sector bancario y de cada institución dentro del mismo.

La perspectiva de la banca renovada ha estado inmersa en el conjunto de trabajos que involucran al capital externo como objetivo principal. Se puede encontrar en trabajos de investigación que el capital externo, en comparación con el nacional, no tiene los mismos objetivos económicos y financieros que encausen a la economía en un sendero de crecimiento sostenido, pero a la vez, más allá de cualquier objetivo primordial, en dicha participación de agentes externos en el funcionamiento empresarial nacional, se presentan, en la lógica teórica, ventajas que hacen obligatorio permitir su acceso al mercado nacional. Englobando estas ideas, se puede señalar que el inversionista externo tiene el objetivo de maximizar sus rendimientos mudando su capital en búsqueda de los menores costos y las mejores condiciones para invertir (políticas fiscales, regulación, niveles de inflación, estabilidad cambiaria, etc.), cuyos beneficios podrían no reinvertirse, a diferencia de lo que podría ser el capital nacional; sin embargo, la experiencia y la tecnología que se aportan son los mayores beneficios que se obtiene del exterior.

En lo que respecta a este trabajo, se pretende, no hacer un comparativo de la banca comercial actual con la banca anterior al año 2000, cuando el capital nacional era el que dominaba prácticamente de forma única al sector bancario, sino de ver cómo ha funcionado esta nueva banca y cómo ha influido, si es el caso, en la actividad económica, específicamente en la actividad industrial y en general en el crecimiento económico, a través de sus dos principales funciones activas: el crédito y la inversión en valores.

La justificación de la presente investigación parte de la propia definición de la banca y su importancia principal en cualquier economía. La banca es una intermediadora financiera entre prestamistas y prestatarios, por lo que ofrece una forma única de transformación de activos; y la banca en su función de prestamista puede crear dinero. Además, ofrecen liquidez inmediata a clientes y desempeñan el papel importante en el sistema de pagos.

Derivado de las características anteriores, es imperativo profundizar en el comportamiento bancario: llegar a su papel activo como agente de la economía. Por

consiguiente, saber cuáles son las implicaciones reales de su actividad tradicional, el crédito, y la inversión en valores dada su importancia de origen, llegarían a situar a la banca comercial en una categoría que supera su papel en el funcionamiento diario de las actividades económicas hacia un papel vital en el desarrollo de las mismas. Pero, ¿en verdad impulsa dicho crecimiento económico, y financiero, sabiendo el necesario, casi obligatorio, funcionamiento de la banca comercial en cualquier país? Esto da paso a la investigación.

Pero la relación entre actividad bancaria y crecimiento económico no resulta de una causalidad definida en la teoría económica, en especial cuando se habla del crédito bancario. Por una parte, hay pensadores teóricos que sostienen que el crédito bancario es un factor que exclusivamente contribuye al crecimiento de precios, sin afectar la producción final.

Hay otros pensadores teóricos que sostienen que el crédito bancario puede impulsar al crecimiento económico siendo, además, de un efecto nulo sobre la inflación, debido a que la demanda y oferta final de bienes y servicios aumentarían a la par manteniendo el equilibrio de precios.

Como se puede mencionar anticipadamente respecto a la teoría, la relación entre el crédito bancario y el crecimiento económico depende de la perspectiva que los diferentes autores sostienen sobre el conjunto de variables que influyen en el comportamiento bancario y la actividad económica.

Pero dicha relación en el análisis puro dependerá de las condiciones económicas de cada país y de sus particularidades. Sin embargo, en el resultado de la existencia o no existencia de la relación entre la actividad bancaria y la economía donde reside, deberán buscarse las razones del resultado.

En consecuencia, los objetivos principales de la tesis son:

- Verificar si el crédito bancario impulsa a la actividad económica, con especial énfasis en el efecto que se produce a través del crédito al sector privado no financiero.
- Encontrar la relación entre la inversión en valores de la banca y la actividad empresarial, que permita establecer un vínculo de financiamiento por el mercado bursátil con efectos positivos en el índice industrial.

El objetivo secundario es:

- Encontrar el efecto que tiene sobre el crédito bancario la tasa de interés interbancaria determinada por el banco central, referencia para diferentes productos bancarios, lo cual abre la posibilidad de un posible canal del crédito funcional, siendo importante considerar el comportamiento del tipo de cambio peso-dólar.

La hipótesis que se plantea en el trabajo es la siguiente:

- El crédito y la inversión en valores de la banca comercial impulsan a la actividad económica del país.

El crédito vía el sector privado no financiero impulsa el crecimiento económico de corto plazo, por aumento en el consumo, y el crecimiento económico de mediano y largo plazo, vía el sector empresarial. Y la inversión en valores al conformar otra vía de financiamiento para las empresas medianas y grandes, impulsa en última instancia al sector industrial nacional.

Con fin principal de dar sustento a la hipótesis, el presente trabajo se divide en tres capítulos.

En el primer capítulo se hace un recorrido por la teoría económica del crédito de la banca privada. En la primera parte se considera la teoría ortodoxa que, si bien considera los beneficios de los bancos, no le otorga un papel relevante al crédito en el crecimiento del sector real de la economía debido a las características que suponen del dinero. En la segunda parte se explica la teoría de Keynes y la teoría post-keynesiana, las cuales expresan que la actividad económica puede acelerarse por un aumento en el crédito, y se introduce el papel del mercado de valores en el funcionamiento de dicho proceso crediticio

En el segundo capítulo se explican los métodos de series de tiempo modernos, que nos permitirán encontrar las relaciones estadísticas necesarias para las series consideradas. Dentro de este capítulo se hacen los desarrollos matemáticos de los procesos y se explican las pruebas, así como los posibles resultados que pueden obtenerse con estos métodos econométricos.

En el tercer capítulo se hacen modelos univariantes de todas las series consideradas, tanto de la banca privada como de la economía mexicana. Enseguida, se presentan los modelos multivariantes que nos indican la correspondencia entre las variables y su posible efecto interrelacionado. Aquí se presentan los resultados finales, los resultados que nos muestran si las actividades de la banca, tanto el crédito como la inversión bursátil, han tenido algún efecto en la actividad económica del país dentro del periodo considerado.

Al final se presentan las conclusiones y reflexiones finales.

## Capítulo 1. El comportamiento bancario y la actividad económica en una relación de la teoría económica

*El primer requisito para una comprensión de la vida económica y social contemporánea es lograr una visión clara de la relación existente entre los hechos y las ideas que los interpretan. Ya que cada una de éstas posee una vida propia y, por muy contradictorio que pueda parecer, cada una de ellas es capaz de seguir un curso independiente durante mucho tiempo.*

J. K. Galbraith

La sociedad opulenta

La banca comercial es una institución financiera cuya actividad tradicional es otorgar crédito a diversos agentes de la economía. Sin embargo, dependerá de cada corriente económica cuál es el proceso para dicha otorgación, considerando variables que pueden influir en la expansión del crédito, y en consecuencia habrá una divergencia en el fin del crédito sobre la inflación y el crecimiento económico.

Por una parte, de manera general la teoría ortodoxa menciona que la banca concede crédito a partir de los fondos que obtiene de los agentes económicos que deciden ahorrar y que, si bien utilizan instrumentos de deuda privada, la expansión del crédito está limitada por la cantidad de depósitos y su nivel de reservas.

Por ello, la banca sólo es una intermediadora financiera cuyo efecto crediticio en la economía es nulo, ya que no afecta a variables reales como el producto, sino que más tiene un efecto bien definido con el nivel de precios. Respecto a la tasa de interés, es la tasa real la que determina la disposición de los agentes a ahorrar y a invertir, generando un equilibrio entre éstas.

Por otra parte, de manera general la teoría heterodoxa menciona que la banca puede crear dinero sin la necesidad de fondos reales, siendo que los depósitos no limitan su expansión, con la única condición de que el crédito que se otorga a los agentes de la economía sea pagado en el futuro. Así mismo, los créditos que otorgan influyen en el nivel de inversión que en última instancia incrementa el producto final de la economía, por lo que el dinero se considera no neutro.

La teoría heterodoxa le concede un papel importante a la tasa interés monetaria (más que a la real), siendo la variable que equilibra la oferta y demanda de dinero, no el ahorro y la inversión.

Debido a la diversidad de las posturas teóricas sobre la actividad de la banca y a su relación con la economía, es importante hacer una revisión de distintas visiones, tanto ortodoxas como heterodoxas, con el fin de tener un antecedente teórico sobre el comportamiento de la banca privada. Por ello, el presente capítulo se divide en las siguientes secciones.

En la primera sección se explica la intermediación financiera y los multiplicadores monetario y del crédito; en la segunda la Teoría Cuantitativa del Dinero, y en consecuencia en la tercera sección se explica la escuela inglesa con Irving Fisher sobre la tasa de interés, los precios y la banca privada; en la cuarta sección se explica la teoría de Wicksell, quien relaciona la tasa de interés monetaria y la tasa de interés natural con los ciclos económicos; en la quinta sección se presenta la teoría del ahorro voluntario y ahorro forzoso de Hayek; en la sexta sección se expone la teoría de Keynes, incluyendo su visión en el Tratado del Dinero, la Teoría General y los artículos de 1937 sobre la tasa de interés y el financiamiento; en la séptima sección se presenta la teoría de Minsky, quien retoma parte de la teoría de Keynes y formula su Hipótesis de la Inestabilidad Financiera; en la octava sección se explica la Teoría del Circuito Monetario de la escuela francesa, y por último, en la novena sección se hacen las conclusiones del capítulo.

### **1.1 La intermediación financiera y el multiplicador monetario**

En la teoría neoclásica la banca comercial es una intermediadora financiera, su actividad de otorgar crédito está ligada a la obtención de recursos de agentes superavitarios de la economía. La banca capta el ahorro bajo la denominación de depósitos; estos recursos son de corto plazo, ya que los depositantes requieren liquidez en todo momento.

Los depósitos son los únicos recursos que utiliza la banca para otorgar créditos orientados a actividades que generan rendimientos a largo plazo. En sí, la cantidad de depósitos que tiene la banca limitan la cantidad de préstamos a otorgar.

Dado que los depósitos anteceden a los créditos, y bajo el supuesto de que el ingreso no consumido de los agentes superavitarios es completamente depositado en la banca, el ahorro iguala y precede a la inversión, dada una tasa de interés real.

De hecho, la tasa de interés real determina el equilibrio entre el ahorro y la inversión, y se mantendrá constante en el proceso inflacionario o deflacionario por medio del cambio en la tasa de interés nominal que responde a la interacción entre la demanda y oferta de créditos y a la seguridad que requieren los bancos al prestar (Fisher, 1911: 64).

Las actividades de la banca se enlazan a instrumentos privados; por una parte, los depositantes aseguran sus fondos a través de contratos que cubren sus necesidades (Mántey, 1994: 25) y los prestamistas obtienen el crédito por medio instrumentos de deuda (Levy, 2013: 45-46).

La relación entre depósitos y el crédito en la intermediación financiera de la banca se observa de mejor manera a través del multiplicador del crédito (Levy, 2013: 44):

$$\gamma = \frac{(D - R)}{C} \quad 1.1)$$

Donde  $\gamma$  el multiplicador del crédito,  $C$  es el crédito,  $D$  los depósitos, y  $R$  las reservas bancarias.

El multiplicador del crédito indica las veces que se puede multiplicar el crédito dados los depósitos descontados del nivel de reservas, necesitadas para asegurar la liquidez de sus depositantes.

Sin embargo, la expansión crediticia no excluye riesgos. Por una parte, puede generarse insolvencia bancaria por una excesiva concesión de créditos dado un nivel de reservas. Por otra parte, existirá insuficiencia de efectivo si se utilizan en exceso los instrumentos de deuda privada en relación a los depósitos, afectando la necesidad de liquidez de los depositantes en el momento (Fisher, 1912: 40-43).

Los depósitos y las reservas bancarias son afectadas por la base monetaria, influyendo en el nivel del crédito bancario, efecto que se observa por el multiplicador monetario que se muestra en seguida (Levy, 2013: 43):

$$k = \frac{MC + PNM}{BM} \quad 1.2)$$

Donde  $k$  es el multiplicador monetario,  $MC$  el medio circulante (pasivo monetario),  $PNM$  los pasivos no monetarios, y  $BM$  la base monetaria.

El multiplicador monetario indica el efecto que tiene un aumento de la base monetaria sobre la captación de recursos de la banca comercial. Si aumenta la base monetaria, la banca tendrá una mayor cantidad de depósitos, expandiendo el crédito en  $\gamma$  veces, aumentando la oferta monetaria en la economía. En este caso, y bajo ciertos supuestos, el nivel de precios en la economía puede verse afectado. Esto se retoma en la siguiente sección.

## 1.2 Teoría Cuantitativa del Dinero de Fisher

La Teoría Cuantitativa del Dinero (TCD) de Fisher expresa el valor de las transacciones comerciales producidas en la economía en su forma monetaria bajo una relación de intercambio. La idea principal de la TCD es que una variación en la cantidad de dinero en circulación afecta de manera proporcional al nivel de precios.

La *relación de intercambio* es una igualdad entre el mercado de bienes y el monetario. En la parte monetaria se tiene el producto de la cantidad de dinero,  $M$ , y su velocidad de intercambio,  $V$ , y por la parte real, o de bienes, el producto del volumen del comercio,  $T$ , y su nivel de precios promedio,  $P$  (Fisher, 1912: 18, 27). La relación de intercambio es la siguiente:

$$MV = PT \quad 1.3)$$

El volumen de comercio y la velocidad del dinero se consideran constantes (Fisher, 1912: 26); la cantidad de dinero es exógena, determinada por el Banco Central, mientras los bancos comerciales son sólo intermediadores financieros.



Bajo los supuestos mencionados, Fisher considera que la relación más importante es la que constituye la Teoría Cuantitativa del Dinero: el nivel de precios varía en proporción a los cambios en la cantidad de dinero (Fisher, 1912: 29). Por lo que el dinero es neutro al no afectar variables reales<sup>1</sup>.

Fisher, al igual que Marshall<sup>2</sup>, sostiene que los supuestos en la *relación* se dan bajo la flexibilidad de precios (Levy, 2013: 31), lo que mantiene la igualdad con la cantidad de dinero.

El componente monetario de la relación puede desagregarse para incluir el papel de la banca comercial explícitamente. Considerando que la cantidad de dinero en la economía se compone de la base monetaria, controlada por el banco central, e instrumentos de deuda privada de los bancos comerciales, se tiene (Fisher, 1912: 48):

$$MV + M'V' = PT \quad 1.4)$$

Donde  $M'$  son los instrumentos de deuda privada de los bancos y  $V'$  su velocidad de circulación.

La ecuación 1.4) expresa que ante un aumento de la base monetaria  $M$ , aumentan los depósitos bancarios por un aumento de reservas, influyendo en una mayor disposición de préstamos que se realizaran en instrumentos de deuda privada, aumentando  $M'$ : bajo los supuestos anteriores, el nivel de precios crecerá proporcionalmente a la mayor oferta monetaria.

### 1.3 La tasa de interés en la teoría de Fisher

La relación entre el ingreso y la tasa de interés son fundamentales en la teoría de Fisher, ya que dicha relación afecta las decisiones intertemporales que inciden en la satisfacción material de los individuos.

El ingreso monetario constituye la suma del ingreso que percibe un individuo por medio de cualquier fuente: trabajo, dividendos, alquileres, intereses cobrados, etc. A través del ingreso monetario se puede costear el nivel de vida, que resulta en un ingreso real que refiere la adquisición de bienes: la diferencia cuantificable entre el ingreso monetario y el ingreso real es el ahorro (Fisher, 1930: 43, 46).

El ahorro, es decir, el ingreso monetario no consumido, puede ser utilizado para aumentar nuestro propio ingreso futuro al comprar bienes de capital o algún instrumento que nos provea de un flujo de ingresos futuros mayor al actual. La decisión de consumir más en

---

<sup>1</sup> La moneda es neutral cuando una variación en la cantidad de ésta no afecta a los precios relativos ni a la tasa de interés [Benetti, C. (1990): Moneda y teoría del valor, FCE. Páginas 82-83]. De esta manera aumentaría el nivel de precios general con un aumento proporcional en los precios de todos los bienes de la economía.

<sup>2</sup> Marshall sustituye el nivel de comercio por el nivel de ingreso,  $Y$ , otorgándole al dinero la función de reserva de valor. Así, se obtiene que:  $MV = PY$ .

el futuro que en el presente o viceversa, conlleva al problema intertemporal de la tasa de interés (Fisher, 1930: 60): *la decisión entre gastar e invertir, las diferentes formas de disfrutar el ingreso (monetario), el goce pequeño pero inmediato o el goce relativamente grande pero futuro*. Esta decisión relaciona la impaciencia de consumo presente y futuro y la propensión de invertir.

Si  $r$  es la tasa de interés, el beneficio intertemporal es:

$$(Y_m - Y_r)(1 + r) = \Delta CF$$

O

$$h(1 + r) = \Delta CF \quad 1.5)$$

Donde  $Y_m$  es el ingreso monetario,  $Y_r$  el ingreso real,  $h$  el ahorro presente y  $CF$  el consumo futuro.

Entonces, si no se consume todo el ingreso monetario, el consumo futuro aumentará en proporción a la tasa de interés dado el ahorro, solamente por el hecho de consumir menos en el presente<sup>3</sup>. Así, despejando la ecuación 1.5), la tasa de interés se puede representar como sigue:

$$r = \frac{\Delta CF}{\Delta CP} - 1 \quad 1.6)$$

Donde  $\Delta CP$  es el cambio en el consumo presente, y refleja la diferencia entre el ingreso monetario y el ingreso real, el consumo no realizado.

En la expresión 1.6), la tasa de interés depende de la relación existente entre el cambio en el consumo presente y el cambio en el consumo futuro. Dado que no se consideran tasas de interés iguales a cero o negativas, el postergar consumo presente siempre aumentará el consumo futuro, es decir,  $(\Delta CF / \Delta CP) > 1$ .

### 1.3.1 Decisiones intertemporales

La decisión intertemporal de consumo, o de ingreso, brota de la oportunidad de inversión y de la impaciencia humana, la cual es totalmente subjetiva y es diferente para cada individuo (Fisher, 1930: 89).

Si la idea de recibir beneficios futuros a costa del ingreso y consumo presente tiene una gran atracción para muchos individuos, para otros el beneficio es mayor cuando se consume más en el presente por la inmediatez de la satisfacción.

---

<sup>3</sup> Por ahora se asume un ingreso monetario constante y que la única forma de que aumente el ingreso futuro es trasladando ingreso presente.

La decisión intertemporal de gozar de un mayor ingreso o consumo, es decir, el nivel de impaciencia, dependerá del nivel de la tasa de interés y el nivel y la distribución de la corriente de ingreso<sup>4</sup> en el tiempo (Fisher, 1930: 93).

Individuos con un ingreso bajo valorarán más el consumo presente por los beneficios básicos (necesidades básicas). Los individuos con un mayor ingreso relativo preferirán desplazar su ingreso presente por mayores beneficios futuros. Respecto a la variación del ingreso, un individuo con un ingreso creciente valora más el ingreso presente, por lo que prefiere consumir más ahora que en el futuro. Un individuo con un ingreso decreciente preferirá restringir su consumo presente por un mayor consumo futuro. Un factor clave a considerar es la tasa de interés real, que afectará el verdadero consumo intertemporal (Fisher, 1930: 93-96).

Dado que la tasa de valoración de bienes futuros y presentes depende de una tasa de impaciencia individual, existirá una infinidad de dichas tasas, que a la vez se relacionarán con la tasa de interés alcanzando el equilibrio del mercado, donde los deseos tanto de prestamistas como de prestatarios se cumplen.

### 1.3.2 Tasa de interés real

La tasa de interés que se espera obtener al postergar el consumo presente, o que se espera pagar en el futuro por aumentar el consumo presente es clave en la decisión intertemporal de los individuos respecto a su ingreso; sin embargo, la tasa de interés monetaria cobrada y pagada es afectada en términos de bienes por la variación en el patrón monetario, resultando en una tasa de interés real diferente.

La tasa monetaria y la tasa real serán iguales cuando el poder de compra del dinero en términos de costo de vida sea constante (Fisher, 1930: 74). Si las tasas monetaria y real son iguales, la mayor proporción de bienes que un individuo podrá consumir en el futuro es representada por la tasa de monetaria; pero si la tasa monetaria difiere de la real, la tasa de monetaria no expresará fielmente el mayor consumo efectivo que refleja.

Si  $r_r$  representa a la tasa de interés real, se tiene que:

$$r_r = \frac{(1 + r)}{(1 + \pi)} - 1 \quad 1.7)$$

Donde  $\pi$  es la variación del patrón monetario, expresando la inflación de bienes y servicios.

Si  $r_r < r$  la inflación fue mayor a cero, expresando una pérdida en el rendimiento obtenido por la tasa monetaria medida en términos de bienes. Si  $r_r > r$ , el rendimiento de la tasa de interés monetaria permitirá aumentar el consumo en una proporción mayor a la que expresa.

---

<sup>4</sup> Cuando se habla de ingreso se refiere al ingreso monetario.

Entonces será la tasa de interés real la relevante en las decisiones intertemporales, al expresar el verdadero aumento en el consumo futuro.

### 1.3.3 Tasa de interés en un mercado de competencia perfecta

Cuando existe un mercado de préstamos de competencia perfecta, donde las acciones individuales no pueden afectar a la tasa de interés, las tasas de impaciencia individuales convergen a la tasa de interés logrando el equilibrio de mercado.

En este modelo se supone certidumbre en el nivel de ingreso futuro de los individuos, un ingreso actual fijo y conocido, y que la única forma de modificar el nivel de ingreso es otorgando y recibiendo préstamos (Fisher, 1930: 117-118).

El equilibrio de mercado se alcanza eventualmente: una persona que tiene una tasa de impaciencia mayor a la tasa de mercado preferirá endeudarse, al considerar que podría pagar una tasa de interés más alta a la que prevalece en el mercado por cada préstamo pedido. En periodos subsecuentes el mismo individuo tendrá una tasa de impaciencia cada vez menor, pero seguirá endeudándose mientras la tasa de mercado sea inferior; se llegará al punto en que la tasa de impaciencia de este individuo se iguale a la tasa de interés de mercado, como el resto de las tasas de impaciencia que inicialmente eran mayores a la tasa de mercado (Fisher, 1930: 120).

En el caso contrario, individuos decidirán prestar parte de su ingreso (o posponer su consumo presente) si sus tasas de impaciencia son menores a la tasa de mercado, ya que al hacerlo recibirán una prima mayor a la que estaban dispuestos a recibir. Eventualmente dichas tasas de impaciencia se igualarán a la tasa de mercado.

En ambos casos, el intercambio entre ingreso presente y futuro otorga a los individuos la máxima utilidad posible. Las prestamistas pueden recibir una tasa de interés superior a la que ellos evalúan por desprenderse temporalmente de su ingreso hasta la tasa de equilibrio. Los prestatarios se podrán endeudar a una tasa menor a la que ellos están dispuestos a hacerlo, hasta la tasa mínima, la de equilibrio. En ambos casos se obtienen los mayores beneficios posibles en las condiciones actuales de mercado, produciendo el equilibrio.

De forma algebraica, la tasa de impaciencia,  $\tau$ , para dos periodos se puede expresar como sigue:

$$\tau_{it} = f_i(y_{it} + x_{it}, y_{it+1} + x_{it+1}) \quad (1.8)$$

Donde  $i = 1, 2, \dots, n$ , refiere a los individuos;  $y$  el ingreso;  $x$  la variación sobre el ingreso por prestar o pedir prestado<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Si un individuo prefiere el consumo presente sobre el futuro  $x_{1t} > 0$ , y como debe de pagar la cantidad prestada en el periodo siguiente, entonces  $x_{1t+1} < 0$ . Para un individuo que prefiere el consumo futuro al presente  $x_{2t} < 0$  y  $x_{2t+1} > 0$ .

La expresión entre paréntesis es la senda de los flujos de ingresos.

Para  $m$  periodos:

$$\tau_{it} = f_i(y_{it} + x_{it}, y_{it+1} + x_{it+1}, \dots, y_{it+m} + x_{it+m}) \quad 1.8i)$$

Cuando las tasas de impaciencia son iguales, convergen a la tasa de interés:

$$\tau_{it} = r_t$$

Para el periodo  $m$ :

$$\tau_{it+m-1} = r_{t+m-1} \quad 1.9)$$

Se considera hasta la tasa impaciencia  $(t + m - 1)$  debido que al tiempo  $m$  no hay un periodo subsecuente de referencia para una decisión de consumo intertemporal.

El equilibrio de mercado requiere que todos los préstamos sean pagados:

$$\begin{aligned} x_{1t} + x_{2t} + \dots + x_{nt} &= 0 \\ &\vdots \\ x_{1t+m} + x_{2t+m} + \dots + x_{nt+m} &= 0 \end{aligned} \quad 1.10)$$

Además, es condición importante el valor presente de los préstamos<sup>6</sup>. Retomando 1.6) y reescribiendo en términos de  $x$ , se tiene:

$$r_t = \frac{x_{it+1}}{x_{it}} - 1$$

Entonces:

$$x_{it} = \frac{x_{it+1}}{1 + r_t}$$

La condición de mercado para  $m$  periodos es:

$$x_{1t} + \frac{x_{1t+1}}{1 + r_t} + \frac{x_{1t+2}}{(1 + r_t)(1 + r_{t+1})} + \dots + \frac{x_{1t+m}}{(1 + r_t)(1 + r_{t+1}) \dots (1 + r_{t+m-1})} = 0 \quad 1.11)$$

Desde una perspectiva general, si bien las acciones individuales no pueden influir sobre la tasa de interés de mercado, el conjunto de las acciones que corresponden a diferentes tasas de impaciencia determina o ayuda a determinar la tasa de interés. El tipo de interés del mercado refleja la tasa común de preferencia del ingreso presente respecto al ingreso

---

<sup>6</sup> Una de las principales características de la tasa de interés es convertir los valores futuros en valores presentes (Fisher, 1930: 49).

futuro, por ello la tasa de mercado queda determinada por la oferta y la demanda del ingreso presente y futuro (Fisher, 1930: 132).

### 1.3.4 Tasa de interés con diferentes flujos de ingreso y oportunidades de inversión

En un escenario diferente al anterior, se puede suponer que los flujos de ingreso de los individuos pueden obtenerse de diferentes fuentes, como alquileres, dividendos, etc., existiendo una diversidad de elecciones posibles con diferentes grados de utilidad.

De esta manera la senda de flujos de ingreso que es función de la tasa de impaciencia se puede expresar como sigue:

$$\tau_{it} = f_i(\tilde{y}_{it} + x_{it}, \tilde{y}_{it+1} + x_{it+1}) \quad 1.12)$$

Donde la expresión  $\tilde{y}$  indica que el ingreso no es constante.

En este escenario de diversidad en fuentes de ingreso, las variaciones en la tasa de interés de mercado afectarán la valuación de los diferentes flujos de ingreso, al modificar su valor presente.

De tal manera que una tasa de mercado elevada hará relativamente atractivas las opciones de rendimiento a corto plazo, y si la tasa de mercado es baja se elegirán las opciones de rendimiento de largo plazo (Fisher, 1930: 149).

Las diferentes opciones de rendimiento deben de satisfacer las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \vartheta_1(\tilde{y}_{1t}, \tilde{y}_{1t+1}, \dots, \tilde{y}_{1t+m}) &= 0 \\ \vartheta_2(\tilde{y}_{2t}, \tilde{y}_{2t+1}, \dots, \tilde{y}_{2t+m}) &= 0 \\ &\vdots \\ \vartheta_n(\tilde{y}_{nt}, \tilde{y}_{nt+1}, \dots, \tilde{y}_{nt+m}) &= 0 \end{aligned} \quad 1.13)$$

En un escenario de este tipo, la tasa de mercado estará determinada por la diversidad de opciones de flujos de ingreso que tienen los individuos: se determina escogiendo de entre todas las opciones disponibles la mejor oportunidad de inversión (Fisher, 1930: 150, 155).

### Oportunidades de inversión

La oportunidad de inversión se define como la oportunidad que se tiene al cambiar entre fuentes de flujos de ingreso futuros. Dos son los principios que regulan la oportunidad de inversión: la disponibilidad de un gran conjunto de opciones para invertir y la preferencia por el máximo valor actual de los ingresos que generan dichas fuentes (Fisher, 1930: 162).

La tasa de interés de mercado es la referencia para obtener el comparativo de valor presente de los diversos flujos de las diferentes opciones de inversión. Pero en cada flujo existe una tasa interna de retorno, o tasa de ganancia neta, que se puede utilizar para hacer una mejor comparación. La tasa de ganancia neta es aquella que iguala la inversión (o

costo de adquisición) con los flujos de ingresos futuros. Se preferirá la opción que tenga una tasa de ganancia neta mayor a la tasa de interés, y la más alta entre todas las opciones (Fisher, 1930: 176).

A medida que se opten por las diferentes oportunidades de inversión, dada la tasa de interés de mercado, eventualmente las tasas de ganancia neta se igualarán a la tasa de interés, equilibrando el mercado. Si se define a  $r_{gj}$  como la tasa de ganancia neta para cada opción de inversión, para un individuo se tiene:

$$r_{g1} = r_{g2} = \dots = r_{gj} = r \quad 1.14)$$

La expresión 1.14) es la misma para todos los periodos hasta  $(m - 1)$ .

Así, y sabiendo que la tasa de interés real es la referencia en la decisión intertemporal de consumo e ingreso, el ahorro y la inversión son las variables que determinarán el nivel de la tasa de interés real.

### **1.3.5 Consideraciones sobre el riesgo**

Las decisiones mencionadas sobre el ingreso presente e ingreso futuro se formulaban bajo el supuesto de que el ingreso esperado es igual al ingreso realizado, es decir, no existía riesgo. Si se consideran factores de riesgo no existiría una tasa de interés única, sino que habrá un conjunto de ellas que serán diferentes dependiendo de la clase de riesgo, solvencia de los deudores, vencimiento de los préstamos, falta de libre competencia entre los prestamistas y prestatarios y toda una serie de circunstancias (Fisher, 1930: 211).

Ante la incertidumbre del rendimiento de una inversión en este escenario más realista, se presenta la necesidad de garantías sobre la inversión que funcionan como una prima de riesgo, reflejada como un aumento en la tasa de interés. Una mayor tasa implica el riesgo de impago para un prestamista, y para un deudor que habrá de pagar más por cada préstamo pedido, afectando los flujos de ingreso de ambos individuos (Fisher, 1930: 215).

Los individuos ahora se encuentran en un problema de elegir entre opciones que difieren en cuantía, configuración temporal y composición del riesgo. Debido al riesgo, cualquier elección que hagan no tendrá un valor actual seguro, y por tanto la tasa de ganancia neta es sólo una tasa esperada y puede no ser cercana a la realizada (Fisher, 1930: 224).

En el equilibrio de mercado todas las personas deben de pagar lo que otras reciben. Pero los pagos reales bajo riesgo pueden ser completamente distintos de aquellos que se esperaban, por lo que todos o una parte de ellos no se pagan (o reciben), lo que puede impedir que el equilibrio de mercado exista. Fisher (1930: 226) menciona que las tasas de interés, las de preferencias temporal y la de las ganancias netas son sólo iguales en ese mundo ideal sin riesgo, no en la realidad.

### **1.4 Relación entre la tasa de interés y los precios**

Retomando lo visto en secciones pasadas, siendo la banca comercial sólo una intermediadora financiera que determina la tasa de interés de mercado en función de la

demanda y oferta de dinero, se puede ligar el nivel de precios con la tasa de interés. La interacción, divergencia en el tiempo y el valor relativo entre la inflación y la variación de la tasa de interés provocan ciclos económicos.

Un aumento de la base monetaria llevada a cabo por el banco central incrementa los depósitos de la banca comercial, lo que multiplicará el crédito<sup>7</sup> para las empresas a la tasa de interés existente. Con mayores fondos disponibles, las empresas demandarán más insumos de producción, hecho que aumentará sus precios y por un efecto traspaso, el producto final de las empresas tendrá precios mayores<sup>8</sup>.

En esta situación de tasa de interés constante y aumento de precios, las empresas obtendrán beneficios netos positivos (Fisher, 1912: 59), incentivándolas a aumentar sus préstamos para seguir aumentando sus beneficios.

Las empresas renovararán su deuda bancaria a la misma tasa de interés, lo que llevará subsecuentemente a un aumento de precios<sup>9</sup> y de sus beneficios netos. La consecuente demanda de préstamos provocará que la banca aumente la tasa de interés, de tal manera se deduce que:

$$\Delta r_t = f \left( \sum \pi_{t-i} \right) \quad 1.15)$$

Donde  $\pi_{t-i}$  es la inflación en periodos pasados.

El cambio en la tasa de interés está en función de la inflación acumulada en periodos pasados.

El aumento en la tasa de interés tendrá dos consecuencias para los bancos: maximiza sus ganancias dada una cantidad de dinero en la economía, y disminuye *momentáneamente* su aversión al riesgo colocando una mayor cantidad de préstamos (Fisher, 1912: 60), ya que las empresas podrán pagar el aumento de la tasa de interés y aun así seguirán aumentando la demanda de crédito.

Este aumento de la demanda de crédito por mayores beneficios de las empresas y el aumento de la tasa de interés de la banca por las presiones inflacionarias terminará cuando el aumento en la tasa de interés sea mayor a la inflación, lo que limita los ingresos netos de las empresas, disminuyendo así su demanda de crédito, y reduciendo su demanda de

---

<sup>7</sup> En la primera sección de este capítulo se ve la relación entre el multiplicador monetario y el multiplicador del crédito.

<sup>8</sup> El producto agregado no aumenta o lo hace poco, ya que no depende sólo de los cambios en la oferta monetaria (Fisher, 1912: 62).

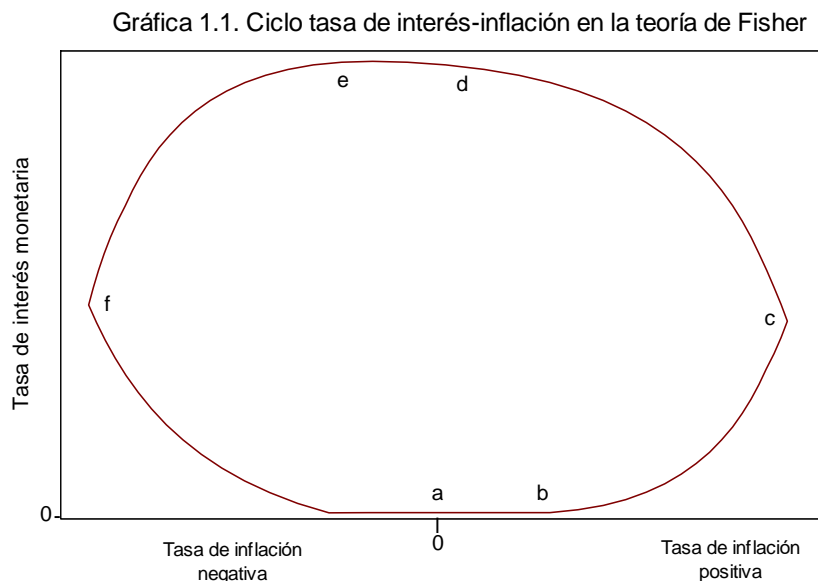
<sup>9</sup> Si se toma como referencia la ecuación 1.4, las velocidades de circulación de los depósitos y de la base monetaria no serán constantes, como se supone en la teoría cuando existen ciclos económicos. Fisher (1912: 49) menciona que el incremento de precio se da por aumentos en la base monetaria o depósitos bancarios y con las velocidades de circulación. De hecho, durante el periodo inflacionario o deflacionario, las velocidades de circulación crecen a la par de los préstamos y de la base monetaria.



bienes para producción afectando a la baja su precio y con el efecto traspaso, el precio de sus productos finales bajará continuamente.

La acumulación de precios a la baja provocará que la tasa de interés determinada por los bancos disminuya continuamente, hasta que esta disminución sea mayor a la tasa de inflación negativa en valores absolutos, iniciando de nuevo el ciclo de inflación y de mayor actividad económica.

Respecto a la tasa de interés, su comportamiento en los ciclos es el siguiente:



Fuente: elaboración propia.

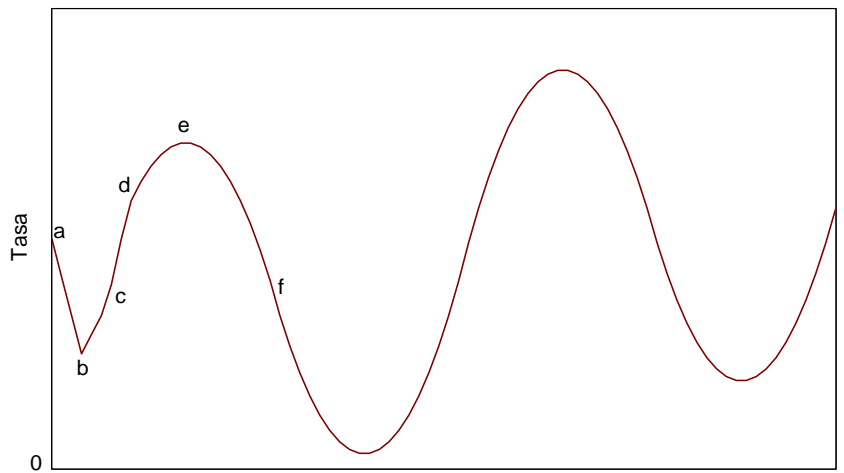
La gráfica 1.1 muestra la relación entre la tasa de interés monetaria y la inflación en el ciclo económico. El proceso inicia en el punto *a*, donde la inflación se presupone nula y la tasa de interés positiva (siempre será positiva). En el tramo *ab* cuando se demandan créditos, la inflación aparece, pero la tasa de interés se mantiene constante hasta periodos subsiguientes, donde la presión acumulativa de precios provoca el aumento en el interés.

A partir del punto *b* y hasta el punto *c*, la inflación se mantiene al alza, pero va reduciendo su ritmo de crecimiento debido al aumento de la tasa de interés influye en el costo de financiamiento de las empresas, afectando su demanda de insumos y así el efecto traspaso de precios limita el crecimiento de la inflación, hasta superar el punto *c*, donde la inflación empieza a desacelerarse.

Con costos crecientes por créditos y menor crecimiento en ingresos por la venta de sus productos, las empresas tendrán pérdidas netas llegando al punto *d* donde comienza la deflación; sin embargo, debido a la ecuación 1.15), la tasa de interés seguirá aumentando hasta el punto *e*, donde la presión acumulativa de precios es negativa: la tasa monetaria empieza a desacelerarse.

En el punto  $f$  los costos por créditos para las empresas disminuyen lo suficiente para empezar a aumentar ligeramente su demanda de insumos. Cuando la desaceleración de la tasa monetaria supere la tasa de inflación negativa en valor absoluto, el ciclo reiniciará.

Gráfica 1.2. Tasa de interés real en Fisher



Fuente: elaboración propia.

La gráfica 1.2 muestra el comportamiento de la tasa de interés real en el ciclo económico. En el punto  $a$  es igual a la tasa monetaria, cuando la inflación es cero. Cuando la inflación se presenta y la tasa monetaria se mantiene constante, la tasa real disminuye, hasta el punto  $b$ . Del punto  $b$  al  $c$  la tasa real es sutilmente creciente, ya que la tasa monetaria empieza a crecer y la inflación disminuye su ritmo de crecimiento.

A partir del punto  $c$ , cuando la inflación se desacelera y la tasa de interés está creciendo a gran ritmo, la tasa de real acelera su crecimiento, hasta el punto  $d$ : donde la deflación se presenta, y con el crecimiento de la tasa monetaria, la tasa real crece incluso a un mayor ritmo.

Debido al rezago de la tasa monetaria, es hasta el punto  $e$  donde disminuye su crecimiento reflejándose en una acelerada disminución de la tasa de interés real, hasta el punto  $f$ , donde la tasa de deflación reduce su ritmo de caída.

La tasa importante es la real, al ser la referencia en la toma de decisiones intertemporales y al ser la que equilibra el ahorro y la inversión. Y como se muestra en la gráfica 1.2) a lo largo del ciclo económico, a largo plazo la tasa de interés real es constante, fluctuando debido al rezago que mantiene la tasa monetaria con la inflación.

Las decisiones intertemporales se pueden ver de esta manera: del punto  $b$  al  $e$  de la gráfica 1.2 la tasa de interés real se mantiene creciendo, parte del ciclo en que las empresas tienen beneficios netos positivos, lo que las incita a invertir en el presente por mayores beneficios futuros.

## 1.5 Wicksell y la tasa de interés natural

La tasa de interés natural, o simplemente tasa natural, es fundamental en la teoría de Wicksell, ya que su relación con la tasa monetaria tiene efectos económicos caracterizados principalmente por ciclos de aceleración en la inflación.

La tasa natural se puede considerar como una tasa de ganancia, que se obtiene del rendimiento obtenido por los empresarios al invertir, y depende de la productividad de la inversión, el nivel de los salarios y la renta (Wicksell, 1898:103). La tasa monetaria se podría fijar al nivel de la tasa natural para evitar ciclos económicos, pero la tasa natural no se puede conocer<sup>10</sup>, sólo variables como la inflación y la variación en las reservas de oro<sup>11</sup> del banco central ofrecen señales de la divergencia entre dichas tasas.

En esta visión de la banca, alternativa a la descrita por Fisher, el banco central fija la tasa de interés (Solís, 1999: 53)<sup>12</sup> de acuerdo a la inflación y a su nivel de reservas. Por esto, los bancos comerciales son tomadores de precios y a través de ellos se satisface la demanda de reservas hecha por empresas e individuos, convirtiendo el dinero en una variable endógena, y dadas las características de la tasa monetaria descritas a continuación, es neutral a largo plazo.

La tasa monetaria y la tasa natural no se relacionan directamente, su única conexión es a través de la inflación presente en la economía: cuando la tasa monetaria es menor a la tasa natural, los beneficios empresariales netos, dada las condiciones de la economía del momento, provocan un aumento en los precios; la aceleración de la actividad económica requerirá mayores reservas bancarias, y dado que una cantidad de ellas no regresa a los bancos, sino que permanece en manos de los individuos, la nueva demanda de crédito disminuirá las reservas bancarias, y los pasivos de los bancos aumentarán, forzándolos a aumentar la tasa de interés monetaria (Wicksell, 1907: 214-215). En la teoría de Wicksell, la tasa de interés monetaria, o simplemente tasa monetaria, es una variable cíclica respecto a una tasa de interés natural.

Cuando la tasa natural está en su nivel natural, los empresarios no tienen incentivos a pedir nuevos préstamos ni el banco central para modificar la tasa de interés. Pero cuando la tasa monetaria es menor a la tasa natural, los empresarios tienen beneficios tales que los incentiva a aumentar sus créditos bancarios para aumentar su inversión. Los bancos comerciales pedirán reservas del banco central para satisfacer la nueva demanda, y ya que se está en el nivel de pleno empleo de los factores productivos, los salarios y rentas

---

<sup>10</sup> La tasa natural de interés del momento, y que prevalece hasta el final del periodo, no se puede conocer hasta el final de éste. En este punto, y si se deciden cambiar las decisiones de inversión, la tasa natural del momento podría ser una diferente.

<sup>11</sup> Al considerar que las reservas bancarias son de oro, un cambio en la oferta del mismo podría afectar el nivel de precios de la economía. Por ello, se supondrá una oferta de oro constante.

<sup>12</sup> Los bancos de manera individual tienen que ajustarse a dicha tasa: si fijaran una tasa superior, la competencia los desplazaría del mercado, y si fijara una tasa menor sus propios rendimientos afectarían sus finanzas (Solís, 1999: 67).

pagadas por los empresarios incrementan, aumentan los precios en general<sup>13</sup> (Wicksell, 1898:105).

Si la tasa natural se supone constante, y mientras la tasa natural sea superior a la tasa monetaria, el proceso inflacionario y la disminución de las reservas bancarias continuará, seguido de aumentos progresivos y rezagados de la tasa monetaria.

En consecuencia, la reacción de ajuste de la tasa monetaria al alza por parte del banco central evita el riesgo que implica una disminución grave del nivel de sus reservas (Wicksell, 1898: 109) y un aumento continuo y acelerado de la inflación. Las reservas son así un mecanismo de acotación de la tasa monetaria (Levy: 2013: 40).

El banco central modificará la tasa monetaria de forma rezagada a través de *tanteos* relacionados con la inflación previa y la variación de sus reservas, de esta manera la tasa monetaria podría seguir un camino en que supere al nivel de la tasa natural: la tasa monetaria en este punto seguirá subiendo, debido al rezago que mantiene con la inflación, pero en consecuencia el aumento de la inflación y disminución en reservas se limitará, iniciando el proceso contrario, donde la inflación es negativa, las reservas bancarias aumentan y la tasa monetaria en consecutiva irá disminuyendo.

En este nuevo escenario la actividad empresarial que se contrae, enfocándose en pagar sus deudas iniciales difíciles cumplir (por ingresos netos negativos), provocará la caída en la actividad bancaria (Wicksell, 1898:118), la cual se mantiene como tomadora de precios limitada por la política monetaria, que se mantendrá hasta que el nivel de reservas esté en un *nivel adecuado*.

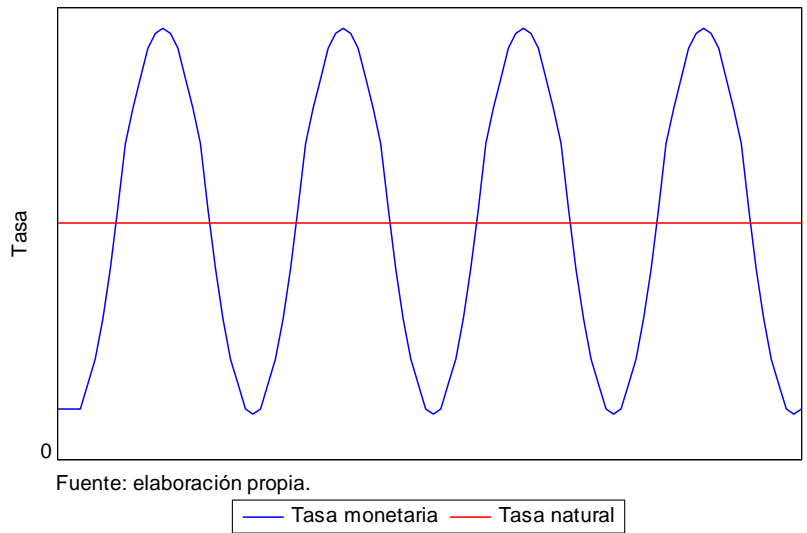
Este ciclo, generado por la divergencia de tasas de interés, está acotado por el nivel de reservas del banco Central por medio de modificaciones en la tasa monetaria: de aumentos continuos a disminuciones continuas y viceversa. Así mismo, las reservas son el mecanismo equilibrador de la gravitación de la tasa de interés sobre la tasa natural (Levy, 2013: 40). Esta gravitación conduce a que en el largo plazo el dinero sea neutral.

En la gráfica 1.3 se muestra la relación entre la tasa monetaria y una tasa natural constante.

---

<sup>13</sup> El aumento de la producción puede llevar a que los precios de bienes no aumenten, sin embargo, Solís (1999: 86-89) menciona que el producto se deja fuera del mercado, *situando la expansión de las actividades empresarial sólo en el terreno monetario*.

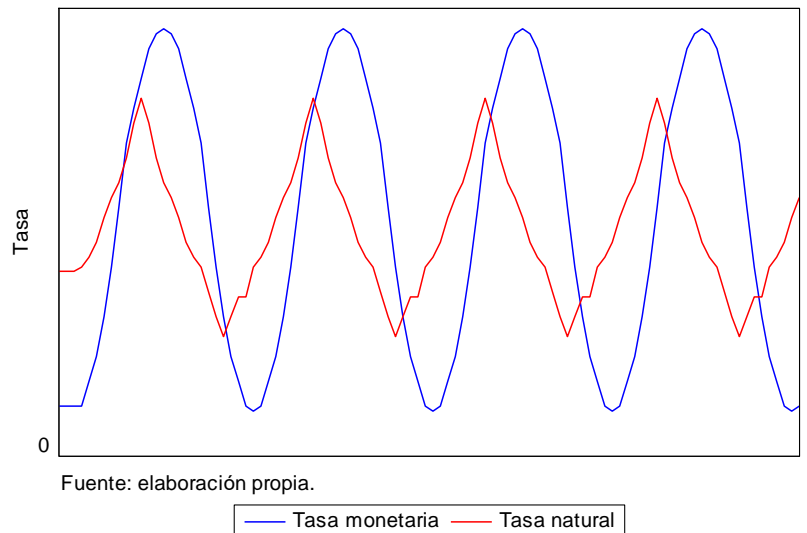
Gráfica 1.3. Tasa de interés monetaria y tasa natural constante



En dicha gráfica se observa que mientras la tasa natural sea superior, la tasa monetaria seguirá creciendo, pero mantendrá este comportamiento<sup>14</sup> por el rezago que mantiene sobre la inflación y la variación de las reservas del banco central: pero dado que la tasa monetaria es mayor a la tasa natural, la inflación se limitará en periodos siguientes. Como se observa, la tasa monetaria gravita sobre la tasa natural.

Sin embargo, un ejemplo que se apega más a la realidad económica es cuando la tasa natural, desconocida, está en constante cambio. La gráfica 1.4 muestra este escenario:

Gráfica 1.4. Tasa de interés monetaria y tasa natural no constante



<sup>14</sup> Wicksell (1907: 213) menciona que, si la tasa monetaria se mantiene a un nivel diferente de la tasa natural por *varios años*, el nivel de precios de la economía se podría ver afectado y seguirá un camino sin límite alguno. Con esto nos muestra que el efecto de la divergencia entre dichas tasas tiene un efecto en la economía en el largo plazo, y no en el corto plazo.

Altos niveles de la tasa de interés se pueden relacionar con un nivel alto de la tasa natural, y dado el proceso mencionado antes, se relaciona con un nivel alto de inflación: la tasa de interés monetaria y la inflación por lo general suben y bajan juntos (Wicksell, 1907: 216).

Esto se debe a que la tasa de interés no se debe de considerar baja o alta en términos de sí misma, sino que si es alta o baja será en relación a la tasa monetaria; de tal manera que si la tasa natural es creciente, existirá inflación en la economía y se tendrá una tasa monetaria creciente, proceso que se limitará cuando la tasa monetaria sea mayor a la tasa natural, al nivel que sea, siendo que la tasa monetaria es atraída por los precios y la demanda de reservas por parte del público en un estado de la economía de alto comercio (Wicksell, 1907: 217): la tasa monetaria es baja cuando parece ser alta, y alta cuando parece ser baja.

### **1.6 Teoría del ahorro de Hayek**

La investigación teórica de Hayek se centra en descubrir qué es lo que causa la variación de la producción industrial. Y trata de dilucidar la influencia que tienen los precios en la cantidad de bienes producida.

Para Hayek existen dos factores que afectan el nivel de producción. El primero de ellos es la disposición de individuos a expandir su esfuerzo laboral. El segundo, y central en la visión de Hayek, se refiere a la reorganización de la producción hacia métodos de producción más capitalistas. Por otra parte, la variación en los factores de producción no afecta el producto, ya que el supuesto fundamental en la teoría de Hayek es que todos los recursos disponibles están empleados (Hayek: 223-226).

El tema central en la teoría del ahorro de este autor es la expansión, o alargamiento, de etapas de producción de tal manera que se incrementa el producto total futuro usando la misma cantidad de factores productivos, es decir, que la estructura de la economía avanza a métodos de producción más capitalistas; esto se da a costa de que los individuos se abstengan de consumo presente.

La idea notable en el modelo de Hayek es el efecto de los precios relativos: la transición a métodos de producción más capitalistas ocurre cuando la demanda de bienes intermedios aumenta en relación a la demanda de bienes de consumo en términos monetarios (Hayek: 237). Esto propicia una divergencia en los precios que estimula la extensión de las etapas de producción vía los márgenes de rendimientos entre las etapas iniciales, donde se producen los bienes intermedios, y las finales, donde se producen los de consumo.

El progreso hacia una producción más capitalistas tendrá la siguiente condición:

$$\frac{\sum \Delta P_I}{\sum \Delta P_C} > 1 \quad 1.16)$$

Donde  $P_I$  es el precio de los bienes intermedios, y  $P_C$  el precio de los bienes de consumo o finales.

SI la condición 1.16) se cumple, las etapas de producción avanzarán a métodos de producción más capitalistas, y se mantendrá dicha estructura si al final del alargamiento de los procesos productivos se alcanza el equilibrio de precios, es decir,  $(\sum \Delta P_I / \sum \Delta P_C) = 0$ .

Por otra parte, si  $(\sum \Delta P_I / \sum \Delta P_C) < 1$ , la estructura de producción se concentrará ocasionando que los métodos de producción sean menos capitalistas y se obtenga una menor producción futura.

Sin embargo, el hecho de que se obtenga un mayor producto futuro dependerá de la forma en que se financie el proceso. Hay dos formas de financiamiento que expone Hayek: de manera real, por el ahorro voluntario, que implica un desplazamiento de la demanda de bienes de consumo por demanda de bienes de producción, es decir, se pospone el consumo a través de invertir el ahorro; y de forma ficticia, por el ahorro forzado, que implica un aumento de la oferta monetaria.

Por lo mencionado hasta ahora, a diferencia de la TCD que establece que el dinero es neutral de tal manera que no afecta a la producción, para Hayek las variaciones de la oferta monetaria sí tienen un efecto en el volumen y la dirección de la producción (Hayek: 197), es decir, el dinero no es neutral. La no neutralidad del dinero actúa por medio del efecto que provoca en los precios relativos.

Procediendo con el análisis del financiamiento de la producción, se inicia con el ahorro voluntario. En este caso, la banca comercial es una intermediaria financiera de fondos prestables. La oferta de fondos prestables se conforma por el ahorro de agentes superavitarios de la economía, y la inversión es la demanda de dichos fondos: tanto la demanda y la oferta de fondos prestables dependen de la tasa de interés (Mankiw, 2006: 130).

La oferta de los fondos prestables depende de las decisiones intertemporales de los individuos, por lo cual, la banca comercial otorga créditos reales (Guillén, 2000:1111) que conforman la nueva inversión en la economía. La tasa de interés se ajusta al nivel en que las empresas desean invertir y el nivel en que trabajadores y familias desean ahorrar (Mankiw, 2006: 130).

Los individuos ahorrarán voluntariamente absteniéndose de consumir parte de su ingreso presente; así, el ahorro se invierte en bienes de producción (bienes intermedios y medios de producción, es decir, tierra y trabajo) a través de la banca comercial; pero para que

esto suceda, la tasa de interés debe de disminuir lo suficiente para que la oferta de ahorros sea demandada.

La disminución del consumo y la mayor demanda de bienes intermedios provoca un cambio en los precios relativos a favor de los últimos: aumenta el precio de bienes intermedios y a la vez disminuye el precio de los bienes de consumo. Así  $(\sum \Delta P_I / \sum \Delta P_C) > 1$ .

Al mismo tiempo, la disminución de la tasa de interés incide en una mayor rentabilidad de los bienes de capital respecto a los utilizados actualmente: se renovará la plantilla de bienes de capital (Hayek: 266). Así mismo, considerando que el mayor precio relativo de bienes intermedios aumenta la rentabilidad relativa en las etapas de producción iniciales, se propicia un alargamiento de etapas de producción al preferir comprar los bienes intermedios que antes eran producidos en una sola etapa (Hayek: 267).

Esta extensión de etapas de producción se caracteriza por una mayor intensidad en bienes de capital, a costa de los medios de producción, reflejándose en una mayor demanda de bienes intermedios. Así mismo, la mano de obra que se desplaza por la mayor demanda de bienes de capital encontrará ocupación en las nuevas etapas de producción que antes no existían (Hayek: 266-267). Todo esto se dará bajo una cantidad de recursos totales que se mantiene constante.

En este nuevo estado de métodos de producción más capitalistas, los rendimientos en cada etapa de producción tendrán una forma piramidal debida al precio de bienes producidos: las primeras etapas de producción tendrán una mayor rentabilidad relativa que las últimas. Pero estos márgenes de rentabilidad se acotarán debido a la caída de precios de los bienes de consumo, que afectará a toda la estructura de márgenes vía la menor demanda de bienes de etapas precedentes (Hayek, 2008: 258-259).

La nueva estructura productiva no aumentará la producción de inmediato, sino que ocupará un lapso de tiempo por la reorganización. Pero esto no ocasionará escases de bienes finales que afectaría (de nuevo) el consumo presente, ya que la producción antigua que sufrió de una disminución en su demanda por decisión de consumidores, conforma un nivel de reservas de productos a los precios reducidos (Hayek: 267).

La nueva estructura de producción con métodos de producción más capitalistas creada por el ahorro voluntario conforma un equilibrio estable que se mantiene en el largo plazo, y se caracterizará por una mayor producción con precios relativos contantes.

La convergencia de los precios relativos ocurrirá por dos razones. En primera instancia, habrá una disminución de los precios de bienes intermedios debido a que la nueva estructura de producción ofrece una mayor cantidad de bienes en cada etapa de producción, y, en consecuencia, los bienes de consumo aumentarán en producción afectando a la baja su precio de nuevo, todo lo demás constante.



En segunda instancia, pero al mismo tiempo, los trabajadores recibirán un salario, lo que permite realizar parte de la nueva producción y reservas pasadas; sin embargo, no será suficiente para que la demanda de bienes de consumo sea tal que los precios relativos se equilibren: los consumidores que ahorraron en el pasado recibirán la recompensa de haber pospuesto su consumo, aumentando su consumo en la nueva estructura productiva y llevando a un aumento de precios de bienes de consumo que equilibre los precios relativos al nivel inicial.

Esta reversión en la variación de precios no implica una contracción de las etapas de producción debido a que el mayor rendimiento relativo al producir bienes intermedios se mantendrá porque el precio de estos bienes siempre es superior al precio de los bienes de consumo, hasta que el proceso culmina en el equilibrio de precios relativos, como se muestra en la gráfica 1.5.

Al final, se consigue que los márgenes de beneficios se igualen en todas las etapas de producción y sean iguales a la tasa de interés del momento (Guillén, 2000: 1110).

Este proceso que genera precios relativos constantes en el largo plazo y una estructura de producción más capitalista, aumentando la producción de bienes de consumo con la misma cantidad de factores de producción, alcanza un equilibrio nuevo y es permanente, un equilibrio monetario caracterizado por la igualdad entre el ahorro y la inversión (Guillén, 2000: 1110).

En cambio, el equilibrio de largo plazo no se logra cuando el ahorro es forzoso, ya que el aumento de la oferta monetaria que propicia inicialmente una mayor expectativa de producción a futuro, genera un proceso inflacionario que culmina en crisis.

En este caso, la banca no sólo es una intermediadora financiera, sino que es capaz de crear dinero en forma de instrumentos fiduciarios. En este proceso, la tasa de interés debe de estar debajo de su nivel de equilibrio para que el crédito genere resultados rentables para los productores (Hayek, 266).

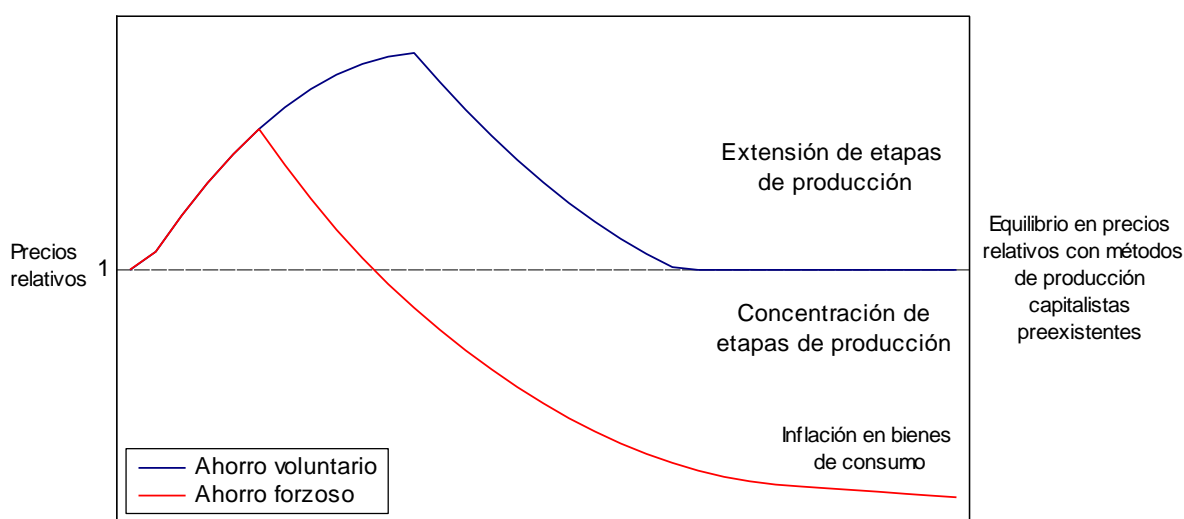
Si se procede al igual que antes, donde los préstamos se dirigen a los productores, la nueva cantidad de dinero se utilizará para demandar más bienes intermedios, pero como la demanda de bienes de consumo se mantiene constante, es sólo el precio relativo de los primeros el que aumenta.

No obstante, el consumo será afectado. Dado que la extensión de etapas de producción no tiene un efecto inmediato en la producción de bienes de consumo, y que los individuos no decidieron ahorrar al disminuir su consumo, no se concretaron reservas de estos bienes finales, lo que provocará escases de bienes de consumo con un alza en sus precios (Hayek, 267). A diferencia del ahorro voluntario, en el ahorro forzoso la disminución del consumo no es voluntaria, sino que los individuos son forzados a disminuir la cantidad de bienes de consumo que adquieren dado su nivel de ingreso (Hayek, 243).

Pero la mayor cantidad de dinero en la economía conduce a mayores salarios para los trabajadores, quienes buscarán restituir su consumo; pero esto sólo resulta en un empeoramiento de su situación, ya que la creciente demanda de bienes de consumo en el contexto actual, impulsa aún más su precio al alza; sin embargo, sí habrá una nueva distribución en la posesión de dinero a favor de los productores, quienes tendrán mayores ingresos bajo una misma cantidad de bienes producida (Hayek, 268).

Así, el alza de los precios de los bienes de consumo será mayor al alza del precio de los bienes intermedios, de tal manera que  $(\sum \Delta P_I / \sum \Delta P_C) < 1$ , lo que significa una contracción de las etapas de producción hacia métodos de producción menos capitalistas, dado que la rentabilidad en las últimas etapas de producción será mayor a las precedentes, como se observa en la gráfica 1.5.

Gráfica 1.5. Condiciones de precios relativos en la teoría del ahorro de Hayek



Fuente: elaboración propia.

Este acortamiento de las etapas de producción podría impedirse o, mejor dicho, controlarse si se aumentan los créditos que permitiría expandir las etapas de producción; sin embargo, si se mantiene la expansión del crédito, sólo se continuaría acelerando el proceso de inflación, ya que la tasa de interés se mantiene debajo de la tasa de equilibrio (Hayek, 269), lo que culmina en crisis.

Pero estos periodos de variación en los precios relativos que culminan en crisis se pueden evitar sólo si, según Hayek, se limita la expansión de créditos y se ajusta la tasa de interés a su *nivel natural*<sup>15</sup>, ya que cualquier caso diferente podría incluso profundizar la crisis (Levy, 2015: 196): la banca tiene el poder de llevar a la crisis económica si crea dinero.

<sup>15</sup> El problema está en ajustar la tasa de interés a su nivel natural, además de considerar la actividad de la banca en el ciclo: cuando existe un ciclo expansivo (contractivo), el riesgo de crédito es menor

### **1.7 Keynes: el dinero y su creación en el *Tratado del Dinero***

En el *Tratado sobre el Dinero*, Keynes expresa al dinero como unidad de cuenta, permitiendo cuantificar deudas y precios. El dinero como tal sólo puede existir en relación a una unidad de cuenta, es decir, a una descripción o un título, ya que el dinero es lo que describe la unidad de cuenta (Keynes, 1930: 19).

Por otra parte, el dinero bancario es el reconocimiento de una deuda privada que se puede utilizar para liquidar transacciones. Si el Estado o el banco central reconoce que esta deuda privada se puede aceptar para liquidar obligaciones, entonces el dinero bancario se convierte en dinero como tal (Keynes, 1930: 21).

Por ello, los bancos comerciales tienen un papel importante en la oferta de dinero. Así mismo, la banca puede crear dinero de manera *ex nihilo* sin que su expansión se limite por la cantidad de depósitos.

Para Keynes (1930: 35-36) los bancos crean depósitos a través de dos posiciones financieras. En la primera, crean derechos a favor de los individuos que depositen el dinero en sus arcas, definiendo su posición pasiva; estos recursos pueden ser utilizados para prestarse<sup>16</sup>.

En la segunda, la banca no se limita a estos depósitos, sino que puede comprar activos generando un derecho contra sí misma, o pueden crear estos derechos a favor de un prestatario bajo la promesa de que se reembolsen después: esto conforma la posición activa de un banco; aquí, la banca puede otorgar préstamos sin la necesidad de fondos reales en el momento, y sin que los depósitos sean una restricción.

Así, la posición activa de la banca muestra la creación de dinero *ex nihilo*: a través de movimientos contables en la hoja de balance de la empresa, y en el futuro, dado que las actividades de las empresas o individuos generen rendimientos suficientes, se podrá pagar la deuda bancaria; así el crédito crea sus propios depósitos. Esta idea contradice a la que se sostiene en la teoría de la intermediación financiera, donde se indica que los depósitos crean los créditos.

El dinero creado *ex nihilo* por la banca comercial no implica inestabilidad en el sistema bancario ni en la economía. Ello depende de si las deudas son canceladas, ya sea por medio de recursos reales o un cambio en los asientos contables en las hojas de balance de empresas entre diversos bancos. El tema del crédito bancario se retoma en la última sección de este capítulo.

---

(mayor), por lo que el banco podrá tener un menor (mayor) grado de reversas, impulsado (contrayendo) el crédito, lo que hace que la divergencia de tasas sea mayor (Levy, 2015: 195-196).

<sup>16</sup> Keynes menciona que, en el pasado, los bancos posiblemente tuvieron origen intermediando el dinero de la sociedad y fueron una caja de seguridad de los ingresos y metales preciosos de las familias.

## 1.8 Tasa de interés y preferencia por la liquidez en la *Teoría General*

En el *Tratado del Dinero* Keynes describía al dinero como un símbolo que representaba valor; sin embargo, en la *Teoría General*<sup>17</sup>, Keynes concibe de diferente manera al dinero, describiéndolo a través de sus características particulares. De manera general, cualquier bien tiene las siguientes características: rendimiento, costo de almacenamiento y prima de liquidez. A partir de ellas, el dinero es una mercancía especial, ya que, en palabras de Keynes (1936: 202): “[...] su rendimiento es nulo y su costo de almacenamiento desdeñable, pero su prima de liquidez sustancial.”

A partir de las características especiales del dinero, Keynes resalta que la tasa de interés monetaria es la importante, definida como “*el por ciento excedente de una suma de dinero contratada para entrega futura, por ejemplo, a un año de plazo, sobre lo que podemos llamar el precio inmediato (spot) o efectivo de suma*” (Keynes, 1936: 198).

La tasa de interés está determinada por dos factores: la oferta monetaria<sup>18</sup> y la preferencia por la liquidez. La preferencia por la liquidez se refiere a, después de que se decide conservar parte del ingreso (o ahorros pasados) y en consecuencia decidir en qué forma conservará este poder adquisitivo de consumo futuro, la preferencia por mantener recursos líquidos por diferentes motivos.

Debido a lo anterior, la tasa de interés no puede ser la recompensa por ahorrar, ya que parte del ahorro se puede atesorar y no obtener los beneficios del interés; por ello, la tasa de interés es la recompensa por privarse de liquidez durante un periodo determinado (Keynes, 1936: 151), o, dicho de otra manera, es la recompensa por no atesorar.

La tasa de interés no iguala el ahorro y la inversión<sup>19</sup>, sino que dicha tasa es el precio que equilibra el deseo de conservar la riqueza en forma de efectivo, con la cantidad disponible de este último (Keynes: 1936: 152).

A partir de esta idea de la tasa de interés, la preferencia por la liquidez, al igual que la cantidad de dinero en la economía se tornan relevantes, ya que determinan dicha tasa. La preferencia por la liquidez, o la demanda de dinero, se compone por tres motivos (Keynes, 1936: 154, 176-177):

- *Motivo transacción*: necesidad de efectivo para el consumo personal.
- *Motivo precaución*: el deseo de seguridad respecto al futuro, requerido para gastos repentinos y oportunidades imprevistas de compras ventajosas.

---

<sup>17</sup> Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero.

<sup>18</sup> Las variaciones de la oferta monetaria afectarán de manera inversa la tasa de interés.

<sup>19</sup> El equilibrio entre ahorro y la inversión está determinado por el nivel de ingresos (Keynes, 1937a: 249).

- *Motivo especulación*: liquidez para obtener ganancias por saber más sobre el futuro que el mercado. Es importante para la transmisión de los efectos del cambio en la cantidad de dinero.

La tasa de interés se relaciona en diferente grado a los motivos de preferencia por liquidez. Los motivos transacción y precaución están relacionados al nivel de la actividad económica actual y el nivel de ingresos monetarios: la tasa de interés no toma un papel importante o determinante en estos motivos.

La demanda de dinero por motivo especulación, es decir, los ingresos totales del individuo menos el requerido para satisfacer los motivos transacción y precaución, sí es afectada por la tasa de interés. De acuerdo a Keynes (1936: 177): “[...] *la experiencia indica que la demanda total de dinero para satisfacer el motivo especulación suele mostrar una respuesta continua ante cambios graduales de la tasa de interés [...] debidos a modificaciones en los precios de los títulos y deudas de diversos vencimientos*” (Keynes, 1936: 177).

Los motivos de la preferencia por la liquidez se pueden expresar como sigue:  $M_1$  son los motivos transacción y precaución,  $M_2$  el motivo especulación. Esto lleva a dos funciones de liquidez:  $L_1$ , que depende del nivel de ingresos, y  $L_2$ , que depende de la tasa de interés y el estado de las expectativas. Se tiene la siguiente relación:

$$M = M_1 + M_2 = L_1(Y) + L_2(r) \quad 1.17)$$

Siendo que la demanda de dinero varía inversamente con los cambios en la tasa de interés, Keynes menciona: “[...] *cada baja en la tasa puede [...] aumentar la cantidad de efectivo que ciertos individuos deseen conservar, porque sus puntos de vista respecto a la futura tasa de interés difieran de los del mercado*”. (Keynes, 1936: 155). La relevancia de la tasa de interés no radica en su nivel absoluto, sino el nivel que el público considera como *seguro*.

### **1.8.1 Incertidumbre, inestabilidad y tasas de interés**

La demanda de dinero por motivos especulativos depende de la tasa de interés, y esto es explicado por la incertidumbre que envuelve el futuro de la tasa de interés (Keynes, 1936: 152) y a las expectativas que se tienen de ésta.

La incertidumbre envuelve especialmente a la tasa de largo plazo, ya que está determinada en el mercado de capitales, y es relativamente más importante que la de corto plazo<sup>20</sup>, la cual está determinada por el banco central a través de su tasa de descuento.

La tasa de interés de largo plazo es importante porque actúa sobre la preferencia de la liquidez de los individuos por el motivo especulación<sup>21</sup>: las diferentes personas estimarán

<sup>20</sup> Sin embargo, la tasa de corto plazo puede llegar a influir en la estructura de las tasas de interés.

<sup>21</sup> Keynes menciona que las operaciones de mercado abierto de un banco central funcionan por la importancia de la tasa de interés de largo plazo.

de forma diferente la tasa de interés de largo plazo respecto al nivel que supone el mercado, y a partir de ello decidirán demandar más dinero por el motivo especulación o demandar más dinero para retenerlo en forma líquida de acuerdo a su expectativa.

Pero lo importante de la tasa de interés no es un nivel absoluto, sino en qué tanto diverge de un nivel que se considera *seguro*, ya que la tasa de interés es un fenómeno convencional, determinando su valor real en gran parte por la opinión que prevalece acerca del valor que tendrá (Keynes, 1936: 181-182).

Sin embargo, la tasa de interés no afecta directamente las decisiones de los individuos, sino que éstas serán influidas por el efecto que tiene la tasa de interés en el valor de los títulos<sup>22</sup> y las deudas a diferentes plazos y esto lleva a la expectativa de la tasa de interés (Keynes, 1936: 177).

Para que la demanda de dinero por motivos especulativos exista, se necesita un mercado de inversión organizado donde se comercien deudas, de lo contrario prevalecería el motivo precaución. Sin embargo, en los mercados de inversión actuales, en donde la propiedad de una empresa está dividida de su dirección, tal que los títulos financieros se pueden comerciar libremente, aumenta la inestabilidad del sistema, aunque por otra parte aumente el nivel de inversión hacia el sector productivo (Keynes, 1936: 138).

La inestabilidad del mercado no está relacionada principalmente a la incertidumbre respecto a la inversión real de la empresa, es decir, a los rendimientos futuros probables, ya que la mayoría de los poseedores de los títulos financieros tienen un conocimiento nulo sobre ello; sino a *oleadas de sentimientos optimistas y pesimistas que son irrazonables pero sin embargo legítimos*, buscando el mayor rendimiento posible en un lapso muy inferior al de la duración de la inversión de la empresa (Keynes, 1936: 141).

Keynes (1936: 140) menciona que por medio de los mercados de capitales las inversiones que son fijas para la sociedad, para un individuo son líquidas, debido a que el proceso de producción de empresas genera rendimientos a largo plazo, pero los títulos financieros que emiten estas mismas empresas para financiar su producción, son vendidos y comprados continuamente en el corto plazo por los inversionistas, dependiendo de sus expectativas individuales; de hecho, el precio de los títulos financieros refleja el promedio de las expectativas (Keynes, 1936: 138), de tal manera que Keynes compara este mercado con un concurso de belleza.

Por lo anterior, la especulación, o en la definición de Keynes, la actividad de prever la psicología del mercado, es otro factor de inestabilidad del mercado, y que además es impulsada por cambios en la tasa de interés.

---

<sup>22</sup> En un escrito posterior, Keynes (1937a: 250) menciona que la tasa de interés determina el precio monetario de otros activos de capital, y que esto no tiene nada que ver con el ahorro actual y la nueva inversión. Esto se aborda en la siguiente sección.

Por su parte, la banca contribuye al movimiento diario de precios en el mercado de capitales: el estado del crédito es fundamental ya que puede ocasionar una baja violenta y postergar su caída, además de ser un elemento base para su crecimiento o recuperación (Keynes, 1936: 144).

### **1.9 Inversión y financiamiento bancario en los escritos de Keynes**

Como se expuso, la tasa de interés está determinada por la oferta de dinero y la preferencia por la liquidez, y sus efectos en las decisiones de los individuos se relacionan con el valor de los títulos financieros; así mismo, la tasa de largo plazo, determinada en el mercado de capitales altamente inestable, es la de mayor importancia.

Pero también, la tasa de interés, en relación con la curva de eficiencia marginal del capital, incide en la escala de inversión de las empresas. La eficiencia marginal del capital es la tasa de descuento que equilibra el flujo de rendimiento posibles de un bien de capital a su precio de adquisición, cuando éste indica el costo de producción de una unidad más de ese bien (Keynes, 1936, 125).

Las empresas decidirán invertir teniendo en cuenta sus expectativas sobre rendimientos posibles, y la tasa de interés del momento. Para Keynes (1937b), la inversión es un proceso que inicia cuando se toma la decisión de invertir y termina cuando se obtienen los rendimientos de largo plazo.

Durante este periodo los empresarios necesitarán una cantidad de dinero extra suministrada por los bancos, a pesar de que se cuente con ahorros propios previos u otras formas de obtener recursos, es decir, necesitarán *financiamiento* (Keynes, 1937a: 247).

Este financiamiento no necesita de ahorros previos o depósitos, ya que se obtendrá por medio de cambios en los asientos contables de las empresas en los bancos; este suministro de fondos por parte de la banca confirma su postura activa<sup>23</sup>: así, la banca es representativa en el aumento y desarrollo de la inversión.

La demanda de dinero necesitada por los empresarios será suministrada por los bancos a la tasa de interés existente, y el ahorro *ex-post* que se obtiene de la realización de la inversión servirá para pagar la deuda contraída. De esta manera, se deduce que la inversión no es creada por el ahorro, sino que la inversión crea su propio ahorro, donde la tasa de interés se torna importante en la inversión *ex ante*.

En cambio, si las empresas emiten títulos financieros de largo plazo, siendo que de esta forma se cancelen las deudas de corto plazo, la esencia del problema no cambia, ya que ahora el ahorro generado por la inversión en el futuro servirá para cumplir con las deudas de largo plazo. Sin embargo, Keynes (1937b: 664) menciona que pagar las deudas de corto plazo se hace a través de emisiones a largo plazo bajo *condiciones favorables*.

---

<sup>23</sup> La postura activa, que refiere la creación de dinero, se comentó en la primera sección del presente capítulo.

El problema radica en la inestabilidad del mercado de capitales. Y de acuerdo a la organización y desarrollo de los mercados de capitales, podría ser la especulación la que domine sobre el espíritu de la empresa, es decir, la previsión en los rendimientos probables de su inversión (Keynes, 1936: 144).

Por otra parte, si las decisiones de inversión de las empresas son constantes, el financiamiento de corto plazo que utiliza puede ser suministrado por la banca como un *fondo revolvente* de una cantidad monetaria más o menos constante (Keynes, 1937a: 247); pero si estas decisiones son crecientes, de tal manera que se necesite una cantidad de dinero cada vez mayor, dada una oferta de efectivo constante, la tasa de interés aumentará afectando la inversión y el ahorro ex post de las empresas.

Keynes (1937b: 667) menciona que un incremento en la actividad actual producida por la inversión debe incrementar la tasa de interés a menos que los bancos estén más dispuestos a liberar dinero. Esto significa que, en general, los bancos mantienen una posición clave en la transición de una baja a una alta escala de actividad (Keynes, 1937b: 668). La creación de dinero no genera inestabilidad económica, al contrario, puede llevar a la economía de un crecimiento bajo (o decreciente) a un crecimiento mayor (o creciente). Por lo anterior, el dinero en la visión de Keynes no se considera neutral.

### **1.10 Minsky: dinero y los motivos de preferencia por la liquidez**

La teoría de Minsky considera la idea de Keynes sobre la especulación, pero a diferencia de él incluye en su análisis de manera explícita los precios capitalizados de los bienes de capital.

En el análisis de Minsky sobre la especulación retoma la función de la preferencia por la liquidez. Para Minsky el dinero es una mercancía especial que funciona como un activo seguro ante la incertidumbre de la economía, ante los flujos de efectivo que pueden ser insuficientes y ante la especulación de los diversos agentes.

Es el efectivo el único activo seguro para poder cumplir con las deudas, ya que este posee el mayor grado de liquidez, y porque las deudas están representadas en unidades de efectivo. Aunque también otros activos como los bonos o cuentas de ahorro, denominadas cuasi dinero, son activos que brindan seguridad, su liquidez es relativamente más baja que la del efectivo.

Debido a la importancia del dinero, el cuasi dinero, así como de los precios de los títulos financieros por su relación con la especulación y la inversión (este punto se considera en la siguiente sección), Minsky reformula la preferencia de la liquidez de Keynes para más tarde extender el análisis a las carteras de los agentes.

Minsky (1975: 71) menciona que las transacciones que determinan la demanda de dinero, o la preferencia por la liquidez, son los acuerdos de pago establecidos en los instrumentos financieros, el comercio y el financiamiento de posiciones de activos.



El beneficio que se puede obtener de la especulación en el mercado de valores radica en la ganancia de capital, y como la demanda especulativa de dinero refiere al financiamiento para adquirir dichos títulos, los precios de éstos deben ser considerados (Minsky, 1975: 72), extendiendo el análisis de la teoría de Keynes. Además de los factores mencionados, el cuasi dinero y el precio de los títulos financieros, Minsky considera el motivo precaución por pagos futuros de compromisos presentes.

De esta manera, la preferencia de la liquidez descrita por Minsky (1975: 72-73) es la siguiente:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 - M_4 = L_1(Y) + L_2(r, P_k) + L_3(F) - L_4(NM) \quad 1.18)$$

Don de  $M_i$  es la demanda de dinero y  $L_i$  los motivos de la preferencia de la liquidez.

El primer motivo de demanda de dinero,  $L_1$ , depende del nivel de ingreso,  $Y$ . Minsky considera a  $P_k$ , el precio de los títulos financieros, en el motivo especulativo,  $L_2$ , donde dada la oferta de dinero, la demanda de dinero para especulación conlleva una relación inversa entre la tasa de interés, limitada a la tasa sobre los préstamos, y el precio de los títulos financieros.

Además, Minsky agrega el motivo precaución,  $L_3$ , que depende de los acuerdos financieros pendientes,  $F$ , lo cual podría afectar a la inversión ex ante. Mientras mayores sean los compromisos pendientes, mayor será la tasa de interés, dada la oferta monetaria y los niveles de ingresos. Así mismo, se considera que la demanda de cuasi dinero,  $NM$ , al ser un sustituto casi perfecto del dinero, es un factor que disminuye la preferencia por la liquidez: si todo lo demás permanece constante, a una mayor demanda de cuasi dinero, la tasa de interés será relativamente más baja.

El cuasi dinero no sólo afecta la demanda de liquidez, sino que es un determinante en la endogeneidad del dinero, ya que su emisión refleja la demanda de financiamiento. La endogeneidad del dinero es un planteamiento principal en Minsky, “*la endogeneidad del dinero no es garantizada por la banca central acomodando reservas a la banca, sino por innovaciones financieras que se despliegan en el mercado de valores, que tienen precios cíclicos*” (Levy, 2013: 138).

De la misma manera, la tasa de interés tiene un comportamiento procíclico: en los periodos de innovación financiera existen tasas de interés crecientes emparejadas a precios crecientes en el mercado de valores (Minsky, 1975: 74).

### **1.11 Carteras de inversión y estructuras financieras de Minsky**

En la exposición de Keynes se discute en dos mercados: en un primer mercado, el financiero, está la determinación de la tasa de interés y los préstamos, y en un segundo mercado, el de bienes, está la determinación de los precios de los bienes de capital (Minsky, 2008: 76).

Sin embargo, la clave está en la capitalización de los rendimientos futuros que se esperan obtener de un bien de capital real; de esta manera, los dos mercados se pueden relacionar a través del mercado de valores a través del precio de los títulos financieros, *Pk*.

De esta manera, la inversión que hacen las empresas está influida por los rendimientos esperados, así como por la capitalización de los rendimientos probables, ambos en relación a la tasa de interés (Minsky, 2008: 93). Así el conjunto de las acciones de la empresa junto a las deudas contraídas produce la valuación de mercado de la empresa, de tal manera que, si la dicha evaluación es alta en relación al costo de los bienes de capital, la inversión aumentará (Minsky, 2008: 99).

Al establecer la relación entre los mercados de bienes y financiero, se puede introducir al análisis la cartera de las empresas, la cual se interrelaciona con las carteras de los demás agentes. Las carteras de agentes de la economía son medulares en la exposición de Minsky quien considera que la causa de los ciclos económicos no es la inestabilidad de la inversión, sino la inestabilidad de las carteras y las interrelaciones financieras (Minsky, 1975: 55).

Minsky menciona (1975: 86): *“Una decisión de cartera tiene dos aspectos interdependientes. El primero se vincula a cuántos activos deben tenerse, administrarse o adquirirse; el segundo se vincula al modo en que la posición de esos activos ha de financiarse”*.

Las carteras de los agentes contienen activos financieros y reales, y pasivos, y una de las cuestiones importantes es la proporción de los ingresos propios y de los recursos externos que se utilizarán para financiar las posiciones de activos. Si esta especulación es exitosa, los activos adquiridos generan ingresos superiores al pago de los pasivos.

Sin embargo, el éxito de la especulación en las carteras de los agentes depende de muchos factores, de tal manera que el pago de los pasivos puede superar los rendimientos obtenidos, tanto de operaciones como del sector financiero. Esto lleva a plantear las características de las estructuras financieras con base en las carteras.

Minsky (1992: 247,248) menciona tres estructuras. Cubierta: refiere a instituciones que tienen la capacidad de cumplir con sus obligaciones financieras sólo con recursos propios en cualquier momento. Especulativa: los ingresos propios sólo pueden cubrir parte de los compromisos pasados e intereses, teniendo que renegociar la deuda o recurrir a nueva deuda para cumplir completamente con dichos compromisos. Ponzi: se recurre a la venta de activos para cumplir con los compromisos de pago, y posiblemente contratar deuda para pagar deuda.

Estas estructuras se relacionan en el tiempo; *“a través de periodos de prosperidad prolongados, la economía transita desde relaciones financieras que la llevan a un sistema estable a otras relaciones financieras que la abocan a un sistema inestable”* (Minsky, 1992: 248). Una economía puede caracterizarse por estructuras cubiertas y

desarrollar estructuras especulativas hasta caracterizarse por estructuras Ponzi. Esto es lo que Minsky llama la Hipótesis de la Inestabilidad Financiera, tratada en el último punto.

### **1.12 La banca comercial en Minsky: financiamiento y especulación**

Un banco comercial es una institución que especula por naturaleza. Sus pasivos son deuda de corto plazo y cuando se realizan requieren el pago en efectivo; sus activos son un derecho de largo plazo porque los flujos de efectivo que generan también son de largo plazo. En palabras de Minsky (1975: 120) *“los banqueros siempre especulan con sus activos, y con su capacidad de refinanciar posiciones sobre activos a medida que se producen sus retiros de depósitos”*.

La banca comercial al otorgar crédito tiene la capacidad de financiar las posiciones de los otros agentes en la economía. Al igual que las expectativas de los agentes no bancarios deben de tener un buen estado de confianza para llevar a cabo sus actividades de especulación dentro de la composición de sus carteras de inversión, y como también lo mencionaba Keynes, es necesario un buen estado del crédito. Es decir, que la banca comercial esté dispuesta a financiar dichas posiciones, de tal manera que se tenga un impacto importante en el precio de las acciones (Minsky, 1975: 116-117), dada una oferta fija de éstas, y en consecuencia en la inversión.

Se puede decir que los bancos comerciales financian el control de la propiedad de las acciones que emiten las empresas; estas instituciones financieras son las que se relacionan con el crédito a las familias, y profundizan la relación de empresas, con el mercado bursátil. Así el crédito bancario es factor importante en el aumento en el precio de los títulos financieros, o acciones. Por otra parte, los bancos de inversión administran la distribución de la propiedad de las acciones; son instituciones relacionadas a las empresas para la emisión de sus acciones (Minsky: 1975: 115). Las actividades de la banca así mismo se desarrollan de buena manera ya que existen mercados de valores y de préstamos bien desarrollados (Minsky, 1975: 119).

Por otra parte, la banca puede cumplir con sus pasivos ante disminuciones de los ingresos por tenencias de sus activos en dos etapas: en la primera, accede a sus reservas primarias; y, en una segunda etapa, cuando las reservas primarias no son suficientes, vende sus activos, que en un principio son los bonos de gobierno que adquirió.

La cantidad de recursos líquidos que obtenga la banca al vender sus activos depende de la liquidez del mismo, por ejemplo, un activo de alta liquidez se vende sin pérdida en el precio. Esto a la vez depende de los mercados en que se comercie: si son mercados amplios y profundos caracterizados por tener muchos participantes y que generan un gran aumento de fondos con un ligero cambio en el precio, el activo puede venderse con relativa facilidad en comparación a mercados estrechos y poco profundos (Minsky, 1975: 122).

Sin embargo, la venta de los activos de la banca no sólo ocurre ante problemas en el cumplimiento de sus compromisos, sino que, ante un crecimiento económico y financiero, la banca puede vender sus posiciones con el fin de aumentar sus préstamos (Minsky, 1975: 119).

En este caso, cuando se venden activos para tener el suficiente efectivo para aumentar los préstamos es necesario que estos nuevos préstamos se acompañen de una mayor tasa de interés, como sustituto de los flujos de efectivo que generaban los activos que se vendieron (Minsky, 1975: 119).

De esta manera, los bancos pueden vender posiciones en valores para financiar préstamos adicionales (Minsky, 1975: 120): *“Durante los auges, los banqueros vuelven a comprar capacidad de préstamo vendiendo su cartera de inversión a familias, a poseedores corporativos de efectivo y a intermediarios financieros no bancarios”*.

Aquí es donde las innovaciones financieras se tornan relevantes para el aumento del crédito y la rentabilidad bancaria: los bancos son entidades que buscan obtener beneficios financiando la actividad económica y a otros bancos, y *“como cualquier otro empresario de una economía capitalista, los banqueros son conscientes de que la innovación asegura beneficios futuros. Así, los banqueros [...], ya sean agentes de compra venta o prestamistas primarios, son comerciantes de deuda, que se esfuerzan en innovar tanto en los activos financieros que compran como en los pasivos que intercambian en el mercado”* (Minsky, 1992: 247).

La banca debe valerse de la innovación financiera y de la venta de activos para aumentar el crédito, dado su nivel de reservas, ya que está limitado por la política del banco central, a pesar de que puede crear dinero. Estas innovaciones permiten que el dinero sea endógeno, y por consiguiente el mercado interbancario sea una de las innovaciones que aumente el crédito; así como lo son los instrumentos financieros sobre activos subyacentes (Levy, 2013: 144) y nuevas instituciones de intermediación financiera.

### **1.13 Hipótesis de la Inestabilidad Financiera**

La Hipótesis de la Inestabilidad Financiera<sup>24</sup> de Minsky considera que en los periodos de estabilidad financiera se pueden desarrollar factores que lleven a la crisis, debido a la interrelación de las carteras de los agentes en la economía y debido a que bajo las expectativas de rendimientos futuros se recurre al endeudamiento para financiar dichas posiciones.

El financiamiento proveniente de la banca comercial (financiamiento externo) para financiar posiciones de deuda y la producción adicional de bienes de capital, consiste en

---

<sup>24</sup> Minsky (1992: 245) menciona “El argumento teórico de la Hipótesis de la Inestabilidad Financiera parte de una economía típicamente capitalista de activos reales con precio elevado que necesitan ser financiados por medio de un complejo y sofisticado sistema financiero”.

incrementar la oferta de dinero y al mismo tiempo reducir los balances de efectivo ociosos (Minsky, 1975: 120).

Desde la perspectiva de la empresa, en la financiación de sus bienes de capital tiene que decidir qué proporción de recursos externos necesitará, dados sus ingresos actuales. Desde periodos pasados, la empresa acumuló deudas y bienes de capital, y, si las expectativas son buenas, la banca podrá financiar su proceso productivo presente.

En un buen estado de la confianza, tanto de los agentes para adquirir títulos financieros como de los banqueros reflejado en el estado del crédito, el financiamiento a través de deuda de las posiciones de activos tiende a aumentar. De hecho, Minsky (1975: 119) menciona que, para las empresas, el financiamiento vía el mercado de capitales se puede considerar como una alternativa para el financiamiento de los activos de capital real; esto, claro está, bajo el supuesto de que los flujos de efectivo que se generen en el mercado de valores sean mayores al precio de oferta de los activos de capital.

Si el estado de confianza general provoca un aumento de la demanda del crédito, y este dinero se orienta a la adquisición de títulos financieros, bajo una oferta fija de éstos, su precio aumentará. En este inicio del ciclo mientras los ingresos sirvan para pagar las deudas, es decir, mientras predomine una estructura financiera cubierta, los términos del financiamiento no pueden cambiar mucho. Pero uno de los problemas principales es que el financiamiento se generó desde periodos pasados (Minsky, 1975: 121), los que muestra una estructura de temporal de compromisos de pago.

Las relaciones en el tiempo son de vital importancia, “[... ya que] en una economía capitalista, el pasado, el presente y el futuro no sólo están ligados por los bienes de capital y por la fuerza de trabajo, sino también por las relaciones financieras. Las relaciones financieras más importantes vinculan la creación y la propiedad del capital con la estructura de esas relaciones financieras y con sus cambios a través del tiempo” (Minsky, 1992: 246).

Ante un aumento de la demanda de dinero para la adquisición de títulos financieros con precios crecientes, los bancos aumentan el crédito vendiendo activos líquidos que posee, en especial la deuda de gobierno, lo que sucederá bajo un aumento de la tasa de interés que compensa los flujos de efectivo que se pierden al desprenderse de sus activos.

El aumento de la tasa de interés, no necesariamente induce a una disminución de los precios de los títulos financieros; mientras se mantengan buenas expectativas de los flujos de efectivo de los activos y éstos se realicen en el futuro, el precio de dichos títulos aumentará a la par de la tasa de interés.

Otro de los factores que aumentan el precio de los títulos a la par de tasas de interés crecientes es la expansión en la intermediación financiera, donde las nuevas instituciones financieras no bancarias generan pasivos para adquirir títulos financieros: los pasivos que

generan son activos líquidos para quienes los compran en el mercado secundario (Minsky, 1975: 121).

Pero si, por ejemplo, los flujos de efectivo (de los activos de capital de las empresas) son menores a los esperados, el precio de los títulos financieros disminuirá, debido a que *“el dinero fluye en primer lugar de los depositantes a los bancos y luego de los bancos a las empresas. Después en fechas posteriores, circula en sentido inverso, de las empresas a los bancos y de éstos a los depositantes”* (Minsky, 1992: 246); y dado que los compromisos de pago son mayores por la tasa de interés que se mantuvo creciendo, habrá una transición de una estructura cubierta a una especulativa: las empresas como los hogares tendrán que pedir prestado aumentado sus pasivos sin realizarlos completamente en la adquisición de activos.

A la vez, los poseedores de activos de capital comprometen los flujos de efectivo futuros obtenidos de sus operaciones para pagar sus deudas. Los bancos siguen aumentando sus préstamos a costa de sus inversiones mientras manejan activamente sus pasivos incrementando su escala de operaciones dadas las reservas de efectivo (Minsky, 1975: 122).

Este apalancamiento (endeudamiento progresivo bajo un nivel de ingresos) tiene un límite, y cuando se alcanza, las opciones que quedan son vender alguna posición o detener o reducir la compra de activos (Minsky, 1975: 122), lo que disminuye el precio de los títulos financieros. En este punto se alcanza una estructura financiera Ponzi. Minsky (1992: 248) agrega: *“Una entidad que adquiere esta categoría reduce el margen de seguridad que ofrece a los acreedores de sus deudas”*.

En este caso, los agentes en situación de apalancamiento tratan de pagar sus deudas, pero en este intento disminuyen más sus ingresos tanto futuros por la venta de activos, como los presentes, ya que los títulos se venden a precios bajos. Una disminución en el precio de las acciones es uno de los aspectos característicos de crisis (Minsky, 1975: 122).

La solución es limpiar las hojas de balance, que se puede lograr con la emisión de deuda de largo plazo para sustituir la de corto plazo (Minsky: 1975: 124), pero ante la caída en los precios de los títulos financieros, esto es difícil. Y a pesar de que las tasas de interés están disminuyendo apuntalando a los bancos con gran capacidad de préstamo, los prestatarios, así como los bancos no están dispuestos a ponerlo en uso (Minsky, 1975: 125). Esto hace disminuir la inversión.

La solución es la restauración de las posiciones financieras, que no considera una solución como la de Keynes, *las propiedades psicológicas fundamentales*, sino innovaciones que otorguen liquidez al mercado de capitales reflejándose en un aumento en el precio de los títulos financieros, aumentando los flujos de ingresos en las carteras de los agentes, permitiendo la recuperación financiera y económica. Minsky (1975: 126) menciona *“En las economías en que existen tanto el pedir como el dar prestado, la ingeniosidad se*

*demuestra en la introducción y desarrollo de innovaciones financieras, así como innovaciones de la producción y del mercado”.*

### **1.13 Escuela francesa de la Teoría del Circuito Monetario**

La Teoría de Circuito Monetario (TCM) es una teoría del crédito, dinero, y la producción, donde el dinero es estructuralmente endógeno, creado *ex nihilo* por la banca comercial. El circuito muestra el proceso desde la creación monetaria hasta su destrucción, en un periodo necesario “[...] por los bancos para evaluar la capacidad de las empresas para generar un beneficio desde un gasto inicial” (Rochon, 1999: 5,6).

La TCM tiene las siguientes características (Graziani, 2003: 25,26): el crédito bancario es fundamental, el dinero es deuda; el crédito se crea cuando las empresas demandan dinero para pagar factores productivos, y es destruido cuando la deuda bancaria es pagada; existen dos grupos en la economía, empresarios que gozan de la concesión del crédito (dinero es su fuente de beneficios y de poder) y trabajadores que sólo reciben un salario; el crédito se utiliza para pagar factores productivos; el dinero no es neutral, porque refleja un distinto poder de compra para los grupos en la economía.

La endogeneidad del dinero no es otorgada por el banco central, sino por el proceso de producción (Rochon, 1999: 3), el cual necesita crédito recurrentemente para ponerse en marcha, iniciando el circuito monetario.

La demanda de dinero, que conlleva la creación de crédito, tiene como antecedente la decisión de invertir por parte de las empresas, la cual se basa en las expectativas de la demanda efectiva (Rochon, 1999: 7); consecuentemente se plantea el nivel de inversión y los salarios a pagar.

Los bancos tienen un papel activo en el circuito. Al otorgar créditos creando dinero *ex nihilo*, están buscando un beneficio, el cual, al igual que en las empresas, está sujeto a la incertidumbre del futuro (impago de la deuda), por lo que buscan prestatarios confiables.

Es decir, los bancos no sólo se especializan en crear dinero, sino también en evaluar el riesgo de posibles prestatarios<sup>25</sup>: la banca otorga crédito de acuerdo a la *solventia* de las empresas (Rochon, 1999: 10). Esta solventia exigida por los bancos a las empresas no es fija, sino que cambia con el contexto económico y la situación de la empresa. El riesgo del crédito se reflejará, en parte, en la tasa de interés que fija la banca<sup>26</sup>. Por otra parte, si bien al banco central se le conceden poderes en la economía, éstos sólo se limitan a la fijación de la tasa de interés real.

El crédito de la banca como tal no es monetario; se crea modificando los saldos en las hojas de balance de las empresas; así el *dinero* se convierte en *deuda* que circula libremente, incrementando, o no, el stock de dinero en la economía, donde el dinero

---

<sup>25</sup> Además de pedir requerimientos como colaterales, historial crediticio, etc. (Rochon, 1999: 11).

<sup>26</sup> La fijación de la tasa de interés bancaria considera a la tasa de interés real, determinada por el Banco Central, sobre la cual la banca comercial agrega un *markup* (Rochon, 1999: 14).

aparece como endógeno (Rochon, 1999: 9): “*La producción le otorga al dinero su endogeneidad natural*”.

Las empresas al contraer deuda y realizar sus actividades de producción deben pagar dividendos, salarios y los bienes de producción<sup>27</sup>; egresos empresariales que se depositan en cuentas bancarias, lo que permite al circuito existir (Rochon, 1999: 11,12).

Los trabajadores utilizan el salario pagado para adquirir bienes de consumo y/o títulos financieros, pero también pueden ahorrar parte de ellos. Para las empresas, el gasto en consumo de trabajadores es un ingreso, pero no así su ahorro. Sin embargo, la emisión de nuevos títulos<sup>28</sup> de las empresas puede capturar el ahorro de las familias, y así podrán pagar el crédito bancario del inicio de periodo: el dinero se destruye y se cierra el circuito.

Pero el ahorro puede mantenerse en balances ociosos (y líquidos) en los bancos en vez de comprar títulos de empresas, ello dependerá del *spread* entre la tasa de interés de corto plazo y la de largo plazo, y de la preferencia por la liquidez de las familias (Rochon, 1999: 12, 13). Si la tasa de interés de corto plazo es mayor que la de largo plazo, las familias preferirán mantener balances ociosos; pero si la tasa que les ofrecen los títulos de las empresas es mayor, el circuito se cierra.

Respecto a la posibilidad de que el circuito no se cierre, Rochon (1999: 13) menciona: “*Esos ahorros representan un drenaje neto sobre todo el sistema. Empresas no serán capaces de reembolsar la totalidad de su financiamiento inicial, implicando que estarán permanentemente endeudadas con los bancos*”.

Una solución para ello, al menos en el corto plazo, es que los bancos pueden concederles a las empresas endeudadas créditos de largo plazo, canalizando los ahorros atesorados a las empresas. Aunque también, los bancos podrían adquirir los títulos financieros emitidos por las empresas.

Por otro lado, si los trabajadores tienen una propensión marginal a consumir igual a 1, el circuito se cerrará desde que las familias ejercen su gasto.

### **1.14 Conclusiones del capítulo**

Dentro de cada corriente de la teoría económica la banca toma un determinado papel en la actividad económica que difiere con cada autor. Por ejemplo, en la TCD de Fisher se muestra que un aumento en la cantidad de dinero sólo tiene un efecto en el nivel de precios general, sin afectar el crecimiento económico. La banca comercial fija la tasa de interés, y sus créditos están limitados por sus depósitos, en función del multiplicador monetario.

---

<sup>27</sup> Para Rochon, Saccareccia y Parquez es de esta manera, pero Graziani (2003: 27) considera que sólo financia los salarios, y los otros costos de las empresas se compensan en el propio sector.

<sup>28</sup> Esto muestra el papel del mercado de capitales en la TCM: no pueden financiar la producción, pero sí cerrar el circuito. En palabras de Rochon (1999: 15): “Ya que la venta de nuevos títulos aparece en el final del circuito cuando los hogares deciden qué hacer con sus ahorros, los mercados financieros nunca podrán ser una forma de financiar la inversión de las empresas”.



El dinero es exógeno, al ser determinada la cantidad de dinero por la banca central. Así mismo, la tasa de interés real es la variable que equilibra el ahorro y la inversión.

En Wicksell se relaciona la tasa de interés monetaria con la tasa de interés natural, de tal manera que una divergencia entre dichas tasas genera un proceso económico de ciclos bajo el supuesto de pleno empleo de los recursos productivos, promoviendo la inflación o deflación de acuerdo a la relación entre dichas tasas. En esta visión el dinero es endógeno y neutral a largo plazo.

Por otra parte, Hayek estudia cómo se llega a métodos de producción más capitalistas, siendo que existen dos formas de financiar los procesos productivos. En la primera, el ahorro voluntario implica el desplazamiento de la demanda de bienes de consumo hacia los bienes intermedios bajo la idea de fondos prestables. En esta situación se alcanzan métodos de producción más capitalistas con estabilidad de precios relativos y equilibrio económico de largo plazo. En la segunda visión de Hayek, el proceso se financia con ahorro forzoso siendo que la banca crea dinero; así, el equilibrio de largo plazo no se logra prevaleciendo un proceso acelerado de inflación en los bienes finales que culmina en crisis económica. En esta teoría se muestra claramente que el dinero no es neutro, sino que tiene la capacidad de influir en variables reales a través de los precios relativos.

Para Keynes el dinero tiene propiedades especiales, dotando de gran importancia a la tasa de interés monetaria implicando que existen motivos de demanda por liquidez, destacando la especulación, sobre la cual la tasa de interés de largo plazo, que se determina en el mercado de capitales, tiene un papel fundamental. En Keynes el financiamiento de la banca puede impulsar la actividad económica (por lo que el dinero es no neutro) siempre que la banca así lo desee.

Minsky retoma la teoría de Keynes, y agrega en los motivos de la demanda de liquidez los precios de los títulos financieros y la demanda de cuasi dinero. Menciona que la banca comercial puede financiar a las empresas y familias al fondearse por el mercado de capitales: si bien tiene la capacidad de crear dinero, esto se limita por la política del banco central. Al final, se muestra en la Hipótesis de la Inestabilidad Financiera, que, en un escenario de aumento de la deuda y disminución de liquidez en los activos financieros, la única vía de salida posible es la innovación financiera, dotando a la banca con capacidad para impulsar el inicio de la expansión económica y financiera.

En la teoría del circuito monetario el dinero es una deuda, caracterizando al sistema de una endogeneidad monetaria estructural. El crédito bancario inicia el circuito monetario al impulsar el proceso productivo, y termina cuando la deuda de las empresas es pagada.

## Capítulo 2. Series de tiempo y su análisis moderno

*Busca por el agrado de buscar,  
no por el de encontrar...*

Jorge Luis Borges

Fragmentos de un evangelio apócrifo

Un tema esencial en el análisis económico es la relación entre diferentes series económicas y financieras respaldadas por un análisis matemático y estadístico que sirva para tomar decisiones adecuadas y confiables, para así comprobar la causalidad entre variables y poder predecir los valores que tomarán en el futuro.

Uno de los métodos más importantes para analizar variables es el estudio econométrico de series de tiempo, que identifica relaciones y pronostica a través de realizaciones pasadas de una serie o de un conjunto de ellas, dotando de importancia el comportamiento observado de las series.

Las series de tiempo se conforman por cuatro componentes: tendencia, variaciones estacionales, variaciones cíclicas y variaciones residuales. La tendencia es el movimiento general de largo plazo; las variaciones estacionales son oscilaciones en un año, o cada tiempo determinado, y que se repiten en diferentes años; las variaciones cíclicas son las oscilaciones superiores a un año; y las variaciones irregulares son aquellas que no muestran un comportamiento determinado que no se clasifica dentro de los tres componentes anteriores (Pérez, 2006: 1).

Analizar una serie a través de sus componentes es el método clásico, pero sus resultados producen una estimación ajustada a su comportamiento determinístico que no considera el efecto que pueden tener los componentes estocásticos difíciles de estimar.

Debido a ello, el presente capítulo se concentra en al análisis moderno o estocástico de una serie de tiempo, de acuerdo a las siguientes secciones: 1) las ecuaciones diferenciales temporales y la importancia de las raíces características, 2) el análisis econométrico de las series de tiempo univariadas de los modelos ARMA, 3) desarrollo de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, y la identificación del modelo ARMA, 4) se describen los problemas de estacionariedad y en consecuencia los modelos ARIMA y la estacionalidad, 5) se analiza la regresión espuria, 6) se muestran las pruebas de raíces unitarias de Dickey-Fuller, Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron, así como la prueba de estacionariedad KPSS, 7) análisis de los modelos ARCH, GARCH y ARCH-M, 8) se describe la metodología Box-Jenkins. Las secciones siguientes exponen el análisis de modelos multivariantes: 9) análisis de los modelos VAR y su estacionariedad, 10) se describen los efectos de las innovaciones en el modelo bajo las Funciones de Impulso Respuesta y la Descomposición de la Varianza, 11) se describe la causalidad de Granger, 12) se analiza la cointegración de variables y los Vectores de Corrección del Error, 13) se analiza la metodología de Engle-Granger sobre el orden de cointegración,

14) se revisa la metodología Johansen sobre el rango de la matriz del vector de corrección. En la última sección se hacen las conclusiones del capítulo.

## 2.1 Ecuaciones diferenciales temporales

Una ecuación diferencial expresa el valor de una variable en función del tiempo, de sus propios valores rezagados u otras variables (Enders, 3). Si depende de sus propios valores, el rezago más alejado en el tiempo,  $t - p$ , determina el orden de la ecuación.

A través de los valores de una serie temporal se puede pronosticar: la solución de una ecuación diferencial no es un número como tal, sino una ecuación que corresponde a una senda temporal para eventos futuros de la variable. Si la variable considerada es  $y_t$ , su solución puede depender de un elemento estocástico, del tiempo, y, en su caso, de valores iniciales  $y_0$  (Enders, 9).

Una ecuación diferencial discreta de primer grado se puede expresar de la siguiente manera (Chiang, 554):

$$y_t = ay_{t-1} + b \quad 2.1)$$

Donde  $a$  y  $b$  son constantes.

La solución para  $y_t$  es la suma de dos componentes. El primero es una solución particular o subyacente,  $y_s$ , que resulta de:

$$y_t - ay_{t-1} = b$$

El segundo es una solución complementaria,  $y_c$ , que resulta de la ecuación reducida de 2.1):

$$y_t - ay_{t-1} = 0$$

Así, la solución general depende del tiempo:

$$y(t) = y_c + y_s \quad 2.2)$$

La solución subyacente produce el nivel de equilibrio intertemporal de  $y(t)$ , y la solución complementaria las desviaciones de la senda temporal de ese equilibrio. La solución general será estable si tiende a la solución subyacente a medida que  $t$  se hace más grande; paralelamente la solución complementaria debe aproximarse a cero.

### Solución a ecuaciones diferenciales de segundo orden

a) Suponiendo una ecuación diferencial lineal homogénea de segundo orden:

$$y_t = 0.2y_{t-1} + 0.35y_{t-2}$$

En este caso, al ser homogénea  $b$  es igual a cero, y por lo tanto  $y_s$  también. Así, la solución general se compone únicamente de la solución complementaria. Agrupando la ecuación para obtener su forma reducida se tiene:

$$y_t - 0.2y_{t-1} - 0.35y_{t-2} = 0$$

El primer paso para encontrar la solución complementaria es obtener el valor de las *raíces características*  $r$  de la ecuación. Partiendo de la ecuación reducida, se sustituye cada  $y$  por  $r$  y se eleva por  $(t - i)$ , según su orden:

$$r^t - 0.2r^{t-1} - 0.35r^{t-2} = 0$$

Dividiendo la expresión anterior entre  $r^{t-2}$ , obtenemos:

$$r^2 - 0.2r - 0.35 = 0$$

Para obtener los valores de  $r$ , se usa la fórmula general:

$$r_j = \frac{-0.2 \pm \sqrt{0.2^2 - 4(1)(-0.35)}}{2(1)}$$

$$r_1 = -0.5$$

$$r_2 = 0.7$$

La solución complementaria cuando los coeficientes  $r_1$  y  $r_2$  son diferentes, es la siguiente:

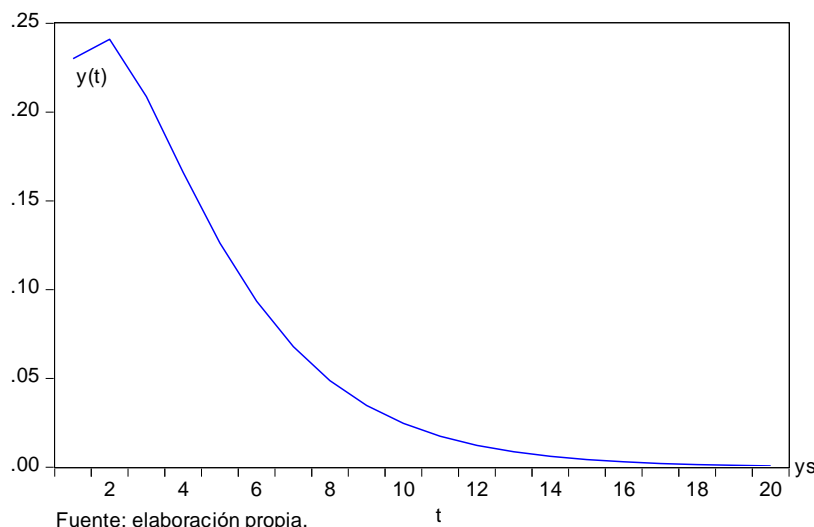
$$y_c = C_1 r_1^t + C_2 r_2^t$$

Dado que la solución subyacente es nula, y sustituyendo los valores de  $r$  en la ecuación anterior, la solución general es:

$$y(t) = y_c = C_1(-0.5)^t + C_2(0.7)^t$$

Se puede observar que  $y(t)$  efectivamente depende del tiempo: a medida que  $t$  tiende al infinito, la solución general tiende a 0, la solución subyacente, ya que las raíces  $r$  son menores a 1. Para este caso, la gráfica 2.1 muestra la estabilidad de la solución general en el tiempo.

Gráfica 2.1. Solución estable en el tiempo de ecuación diferencial



b) Se tiene la siguiente ecuación diferencial lineal homogénea de segundo orden:

$$y_t = 0.7y_{t-1} + 0.35y_{t-2}$$

Siguiendo el procedimiento antes realizado, se tiene:

$$r^2 - 0.7r - 0.35 = 0$$

Obteniendo el valor de las raíces:

$$r_j = \frac{-0.7 \pm \sqrt{0.7^2 - 4(1)(-0.35)}}{2(1)}$$

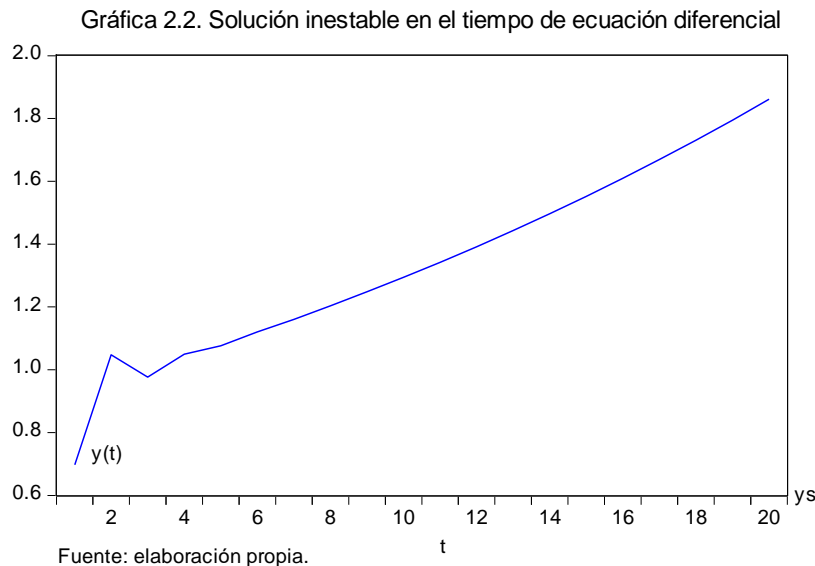
$$r_1 = 0.337$$

$$r_2 = 1.037$$

La solución general es:

$$y(t) = y_c = C_1(-0.337)^t + C_2(1.037)^t$$

A diferencia del caso anterior, una de las raíces características es mayor a 1, por lo que a medida que  $t$  tiende al infinito, la solución complementaria no tiende cero, que en este caso también es la solución subyacente; así la solución general es inestable. La gráfica 2.2 muestra dicha solución en el tiempo.



### 2.1.1 Raíces Unitarias

Con los ejemplos anteriores, se puede concluir que la senda temporal de equilibrio para una variable se caracteriza por tener una solución general estable. Para que ello sea posible, las raíces características deben ser menores a la unidad.

La estabilidad del modelo dependerá de los valores de  $r$ . Bajo la siguiente ecuación de segundo orden:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + b$$

Y la solución para las raíces características:

$$r_j = \frac{a_1 \pm \sqrt{a_1^2 - 4a_2}}{2}$$

Dados los valores obtenidos de las raíces características, se producen tres escenarios. En el primero, se deduce que si:

$$r_1 \neq r_2$$

La senda temporal de  $y(t)$  será estable si los valores de las raíces están entre 1 y -1.

En un segundo escenario, cuando las raíces son iguales:

$$\sqrt{a_1^2 - 4a_2} = 0, \quad \text{tal que:} \quad r_j = \frac{a_1}{2} = r_1 = r_2$$

La estabilidad de la solución general requiere que  $r_j$  sea menor a 1 en valor absoluto.

En el último escenario, la solución de las raíces es imaginaria, al tener una raíz cuadrada negativa:

$$\sqrt{a_1^2 - 4a_2} < 0, \quad \rightarrow \quad r_j = \frac{a_1}{2} \pm \frac{\sqrt{a_1^2 - 4a_2}}{2} = r + is$$

$$h = \sqrt{s^2 + r^2}$$

En este caso, el valor de  $h$  debe de ser menor a 1 para que la solución general sea estable.

## 2.2 Series de tiempo univariadas

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones consecutivas en el tiempo (Chatfield, 1), y se puede representar como una ecuación diferencial discreta de  $n$  observaciones. Si el modelo es univariado, se analizará el comportamiento de una variable en términos de sus propios rezagos (Greene, 610).

Una serie de tiempo se compone por una tendencia, variaciones estacionarias, variaciones cíclicas y de un componente irregular. Esta es la forma clásica o determinística de analizar la serie. Pero dichas series se caracterizan por tener un *componente estocástico* difícil de observar, necesitando un análisis diferente: el enfoque estocástico o moderno (Pérez, 2006).

El análisis de una serie estacionaria con un componente estocástico se construye con la metodología Box-Jenkins. El modelo general utilizado es el siguiente:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + \epsilon_{t-1} + \beta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \epsilon_{t-q} \quad 2.3)$$

El modelo puede identificarse como *modelo autoregresivo de media móvil*, un ARMA( $p$ ,  $q$ ), que contiene  $p$  rezagos de la variable a estimar y  $q$  rezagos del término estocástico de media móvil,  $\epsilon_{t-q}$ . Tanto  $p$  como  $q$  determinan el orden del modelo.

Un modelo bien especificado, del orden que sea, debe cumplir con características de estacionariedad, mejorando la precisión del pronóstico y la confianza en los resultados obtenidos. Los modelos ARMA de ordenes relativamente menores, valores pequeños de  $p$  y  $q$ , son más efectivos para pronosticar (Greene, 610).

### 2.2.1 Estacionariedad

Una secuencia temporal  $[y_t]$  es una serie estacionaria si su media, varianza y autocorrelaciones pueden normalmente ser aproximadas con suficiencia en promedios de largo plazo basados en el conjunto de realizaciones (Enders, 52), es decir, si estas medidas no son afectadas por un cambio en el tiempo.

La formalización matemática para cada medida es la siguiente:

$$\text{Media} \quad E(y_t) = E(y_{t-1}) = \mu_y \quad 2.4)$$

$$\text{Varianza} \quad E[(y_t - \mu)^2] = E[(y_{t-1} - \mu)^2] = \sigma_y^2 \quad 2.5)$$

$$\text{Autocorrelación} \quad E[(y_t - \mu)(y_{t-1} - \mu)] = E[(y_{t-j} - \mu)(y_{t-j-s} - \mu)] = \gamma_s \quad 2.6)$$

Donde  $\mu_y$  es la media de la secuencia  $[y_t]$ ,  $\sigma_y^2$  su varianza y  $\gamma_s$  indica su nivel de autocorrelación.

Estas características de una serie estacionaria están relacionadas a propiedades específicas. La primera de ellas es la Ley de los Grandes Números, la cual menciona que, ante un número grande de datos, el valor esperado de una serie es su media poblacional. Así, el valor esperado de una variable discreta se define como la suma del producto entre cada observación y su probabilidad asociada:  $E(y_t) = \sum y p(y)$ . Si asumimos que se cumple dicha ley, tal que  $p(y)$  es una caracterización precisa de la distribución de frecuencia poblacional, el valor esperado de una variable es su media:  $E(y_t) = \mu_y$  (Mendenhall, 2010: 166). En este caso, dado que la información son datos pasados,  $p(y)$  se asume igual para cada dato.

La segunda propiedad, y que está ligada a la primera, es el teorema del límite central, que indica que las medias de observaciones tomadas de una población tienden a tener una distribución de probabilidad aproximada a la normal (Mendenhall, 2010: 263).

### 2.2.2 Modelos ARMA

Un modelo autoregresivo analiza el comportamiento de una variable a través de sus propios rezagos. El modelo AR( $p$ ) general se expresa así:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_1 y_{t-i} + \varepsilon_t \quad 2.7)$$

Donde el término  $\varepsilon_t$  es un ruido blanco.

Un ruido blanco es un proceso de naturaleza estacionaria. Una secuencia de ruido blanco se caracteriza por tener valores que en lo individual tienen media igual a cero, varianza constante y no se correlacionan con todas las demás observaciones de la secuencia (Enders: 49).

Por otra parte, un proceso de media móvil MA(q) se puede expresar como un caso especial de ruido blanco<sup>29</sup>:

$$x_t = \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} \quad 2.8)$$

Donde  $\beta_i$  es un valor asociado, que puede ser la *i*/n parte del total de los rezagos del ruido blanco. La expresión anterior se escribe como un MA(q), donde *q* representa el orden de rezagos del ruido blanco.

La combinación de los dos procesos anteriores, el modelo autoregresivo y el modelo de media móvil, conforman el modelo ARMA (p, q):

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_1 y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} \quad 2.9)$$

Alternativamente:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_1 y_{t-i} + x_t$$

### 2.2.3 Condiciones de estacionariedad en un MA(q)

Un proceso MA(q) será estacionario si su media, varianza y autocovarianzas son finitas y no dependen del tiempo (Enders, 57).

Para el caso de la media en el periodo *t*, se toma el valor esperado de  $x_t$ :

$$\begin{aligned} E(x_t) &= E(\varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}) \\ &= E(\varepsilon_t) + \beta_1 E(\varepsilon_{t-1}) + \beta_2 E(\varepsilon_{t-2}) + \dots + \beta_q E(\varepsilon_{t-q}) = 0 \end{aligned}$$

Para el periodo (*t - s*):

---

<sup>29</sup> Un MA(q) no es un ruido blanco. Para que lo sea, (*q-1*)  $\beta$ 's deben ser igual a cero (Enders, 50).



$$E(x_{t-s}) = E(\varepsilon_{t-s}) + \beta_1 E(\varepsilon_{t-s-1}) + \beta_2 E(\varepsilon_{t-s-2}) + \dots + \beta_q E(\varepsilon_{t-s-q}) = 0$$

Lo anterior muestra que la media de un proceso MA(q) es igual en diferentes periodos y no depende del tiempo:

$$E(x_t) = E(x_{t-s}) = 0$$

Así mismo, la varianza debe ser la misma a lo largo de la senda temporal. En el periodo  $t$ :

$$\begin{aligned} Var(x_t) &= E[(\varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q})^2] \\ &= E(\varepsilon_t)^2 + \beta_1^2 E(\varepsilon_{t-1})^2 + \beta_2^2 E(\varepsilon_{t-2})^2 + \dots + \beta_q^2 E(\varepsilon_{t-q})^2 \\ &= \sigma^2 [1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 + \dots + \beta_q^2] \end{aligned}$$

En el periodo  $(t - s)$ :

$$\begin{aligned} Var(x_{t-s}) &= E[(\varepsilon_{t-s} + \beta_1 \varepsilon_{t-s-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-s-2} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-s-q})^2] \\ &= \sigma^2 [1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 + \dots + \beta_q^2] \end{aligned}$$

La varianza es constante, y será finita a medida que el componente  $\sum(\beta_i)^2$  lo sea.

Dado que  $\varepsilon_t$  es un ruido blanco, el producto de  $E\varepsilon_t \varepsilon_{t-s} = 0$ , para todo  $s \neq 0$ . En el caso de la autocovarianza entre  $x_t$  y  $x_{t-s}$ , se muestra que:

$$\begin{aligned} E(x_t x_{t-s}) &= E[(\varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q})(\varepsilon_{t-s} + \beta_1 \varepsilon_{t-s-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-s-2} \\ &\quad + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-s-q})] \\ &= \sigma^2 (\beta_s + \beta_1 \beta_{s+1} + \beta_2 \beta_{s+2} + \dots + \beta_q \beta_{s+q}) \end{aligned}$$

Un proceso MA(q) será estacionario en medida de que el conjunto de la suma producto entre las  $\beta$  sea finita.

La estacionariedad implica que el modelo tiene condiciones de invertibilidad, relacionadas al valor unitario de las raíces características. Siguiendo el proceso MA (1):

$$x_t = \alpha + \varepsilon_t - \beta \varepsilon_{t-1}$$

Donde  $\alpha$  es una constante.

Usando los operadores de rezago  $L^{30}$ , se tiene (Kirchgässner, 58):

---

<sup>30</sup> Es un operador lineal que se entiende de la siguiente manera:  $L^i y_t = y_{t-i}$ . Algunas de sus propiedades a considerar son las siguientes (Enders, 40): a) el rezago de una constante es una constante; b) ley distributiva:  $(L^i + L^j)y_t = y_{t-i} + y_{t-j}$ ; c) ley de asociación multiplicativa:  $L^i L^j y_t = y_{t-i-j}$ ; d) un operador elevado a una potencia negativa es un operador de actualización:

$$x_t - \alpha = (1 - \beta L)\varepsilon_t$$

Resolviendo para  $x_t$ :

$$\frac{x_t}{(1 - \beta L)} - \frac{\alpha}{1 - \beta} = \varepsilon_t$$

Para el caso de la constante  $\alpha$ , el operador  $L$  se fija igual a 1 (Greene, 610). Siguiendo el proceso para el caso infinito:

$$\frac{x_t}{(1 - \beta L)} = \frac{\alpha}{1 - \beta} + \varepsilon_t$$

$$x_t + \beta x_{t-1} + \beta^2 x_{t-2} + \dots + \beta^q x_{t-q} = \frac{\alpha}{1 - \beta} + \varepsilon_t$$

La condición de invertibilidad es  $|\beta| < 1$ . Para ejemplificarlo, la condición de invertibilidad de un MA (1) parte de:

$$1 - \beta L = 0$$

Dado que  $|\beta| < 1$ , la raíz de la ecuación anterior es  $\frac{1}{\beta} > 1$ , por lo que el proceso será estacionario si dicha raíz está fuera del círculo unitario (Greene, 614).

#### 2.2.4 Condiciones de estacionariedad en un AR(p)

Si el proceso de media móvil es estacionario, el modelo ARMA (p, q) también lo será si el proceso AR(p) cumple con las condiciones de estacionariedad.

Tomando el caso más sencillo de orden  $p = 1$ , y suponiendo que existe una condición inicial  $y_0$ , la ecuación diferencial se puede resolver por medio del método de iteración<sup>31</sup>. Partiendo del modelo estándar:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad 2.10)$$

Se tiene

$$y_1 = a_0 + a_1 y_0 + \varepsilon_1 \quad 2.11)$$

De acuerdo al método de iteración, se obtiene la ecuación para  $y_2$ , y se sustituye el valor de  $y_1$  por 2.11), como sigue:

$$\begin{aligned} y_2 &= a_0 + a_1(a_0 + a_1 y_0 + \varepsilon_1) + \varepsilon_2 \\ &= a_0 + a_0 a_1 + a_1^2 y_0 + a_1 \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \end{aligned}$$

---

$L^{-i}y_t = y_{t+i}$ ; e) para un valor  $|a| < 1$ , la suma infinita  $(1 + aL + a^2L^2 + a^3L^3 + \dots)y_t = y_t/(1 - aL)$ ; f) si  $|a| > 1$ , la suma infinita anterior es igual a  $-aLy_t/(1 - aL)$ .

<sup>31</sup> A diferencia del método general usado en la sección 2.1, aquí se usa el método iterativo ya que la ecuación diferencial contiene un componente estocástico.

$$\begin{aligned}
y_3 &= a_0 + a_1(a_0 + a_0 a_1 + a_1^2 y_0 + a_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1) + \varepsilon_3 \\
&= a_0 + a_0 a_1 + a_0 a_1^2 + a_1^3 y_0 + a_1^2 \varepsilon_2 + a_1 \varepsilon_1 + \varepsilon_3 \\
&= a_0(1 + a_1 + a_1^2) + a_1^3 y_0 + a_1^2 \varepsilon_2 + a_1 \varepsilon_1 + \varepsilon_3 \\
&\quad \vdots \\
y_{ts0} &= a_0 \sum_{i=0}^{t-1} a_1^i + a_1^t y_0 + \sum_{i=0}^{t-1} a_1^i \varepsilon_{t-i} \quad (2.12)
\end{aligned}$$

Donde  $y_{ts0}$  es la solución subyacente de la ecuación 2.11), al depender del tiempo.

En el caso de que no exista un valor inicial conocido, se retoma la ecuación 2.12) sustituyendo  $y_0$  por  $a_0 + a_1 y_{-1} + \varepsilon_0$  (Enders, 11):

$$\begin{aligned}
y_t &= a_0 \sum_{i=0}^{t-1} a_1^i + a_1^t (a_0 + a_1 y_{-1} + \varepsilon_0) + \sum_{i=0}^{t-1} a_1^i \varepsilon_{t-i} \\
&= a_0 \sum_{i=0}^t a_1^i + a_1^{t+1} y_{-1} + \sum_{i=0}^t a_1^i \varepsilon_{t-i}
\end{aligned}$$

Continuando hasta el periodo  $m$ :

$$y_{ts} = a_0 \sum_{i=0}^{t+m} a_1^i + \sum_{i=0}^{t+m} a_1^i \varepsilon_{t-i} + a_1^{t+1+m} y_{-1} \quad (2.13)$$

Donde  $y_{ts}$  es la solución subyacente de la ecuación 2.10), el proceso AR (1) sin condición inicial.

Si, como se vio en secciones pasadas, las raíces características del proceso son de tal manera que  $|a_1| < 1$ , el último componente de 2.13) se aproximará a cero a medida que  $m$  tiende al infinito, resultando:

$$y_{ts} = a_0 \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon_{t-i}$$

Por otra parte, el componente  $a_0 \sum_{i=0}^{t+m} a_1^i$  es una serie geométrica de suma infinita, con un coeficiente  $a_1$  menor a 1, simplificando la notación como:

$$y_{ts} = \frac{a_0}{1 + a_1} + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon_{t-i} \quad (2.14)$$

Para obtener la solución general, se agrega la solución complementaria del proceso AR (1),  $Aa_1^t$ :

$$y(t) = A(a_1)^t + \frac{a_o}{1 + a_1} + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon_{t-i} \quad 2.15)$$

Para el caso general AR(p), la solución subyacente se encuentra a través del método de coeficientes indeterminados. La solución subyacente es la siguiente:

$$y_{ts} = \frac{a_o}{1 + \sum_{i=1}^p a_i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i \varepsilon_{t-i} \quad 2.16)$$

Como se observa, la solución subyacente 2.16) para un AR(p) es muy parecida a la solución 2.14) del proceso AR (1).

A partir de la solución 2.16), y considerando que el proceso tiene raíces menores a la unidad, el componente  $1 + \sum_{i=1}^p a_i$  es distinto de cero, provocando que la solución complementaria se aproxime a cero a medida que  $t$  tiende al infinito.

Obteniendo los valores esperados de 2.16), se puede comprobar una media constante y no dependiente del tiempo:

$$y_t = y_{t-s} = \frac{a_o}{1 + \sum_{i=1}^p a_i}$$

Así mismo, la varianza es:

$$\begin{aligned} Var(y_t) &= E[(\varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \alpha_{s-1} \varepsilon_{t-s+1})^2] = \sigma^2 \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i^2 \\ Var(y_{t-s}) &= E[(\varepsilon_{t-s} + \alpha_1 \varepsilon_{t-s-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-s-2} + \dots + \alpha_s \varepsilon_{t-s-k})^2] = \sigma^2 \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i^2 \end{aligned}$$

La varianza es independiente del tiempo, y será finita a medida que el término  $\sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i^2$  también lo sea. La covarianza en los periodos  $t$  y  $(t - s)$  es:

$$\begin{aligned} E(y_t y_{t-s}) &= E[(\varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \alpha_{s-1} \varepsilon_{t-s+1})(\varepsilon_{t-s} + \alpha_1 \varepsilon_{t-s-1} \\ &\quad + \alpha_2 \varepsilon_{t-s-2} + \dots + \alpha_s \varepsilon_{t-s-k})] \\ &= \sigma^2 (\alpha_s + \alpha_1 \alpha_{s+1} + \alpha_2 \alpha_{s+2} + \dots + \alpha_k \alpha_{s+k}) \end{aligned}$$

La covarianza no depende del tiempo y es finita.

Para las condiciones de invertibilidad, se considera el modelo general AR(p):

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Aplicando operadores de rezago (Kirchgässner, 49):

$$(1 - a_1L - a_2L^2 - \dots - a_pL^p)y_t = a_0 + \varepsilon_t$$

Si el proceso es estacionario se cumple la condición de invertibilidad:

$$1 - a_1L - a_2L^2 - \dots - a_pL^p \neq 0$$

Si se cumple, se puede especificar el siguiente resultado:

$$y_t = \frac{a_0}{1 - a_1L - a_2L^2 - \dots - a_pL^p} + \sum_{j=0}^p \varphi_j \varepsilon_{t-j}$$

Donde:

$$\sum_{j=0}^p \varphi_j = \frac{1}{1 - a_1L - a_2L^2 - \dots - a_pL^p}$$

### 2.3 Función de Autocorrelación

La función de autocorrelación parcial, FAC, muestra la correlación entre las realizaciones de una misma serie, y también nos indica el tipo de proceso, AR o MA, que la caracteriza. Cuando los coeficientes del modelo a estimar tienen raíces menores a la unidad, la FAC tendrá un comportamiento particular dependiendo del orden de cada proceso, lo cual también es una primera impresión de la estacionariedad o no estacionariedad de la serie estimada.

La autocorrelación se define como la correlación entre los datos de una misma serie temporal, y el coeficiente de autocorrelación (o de correlación serial) mide la correlación entre observaciones sucesivas de una serie (Chatfield, 19).

En una serie de tiempo las correlaciones se pueden formar como sigue (Enders, 60):

$$\gamma_s = E(y_t y_{t-s}) = E(y_{t-s} y_t) = E(y_{t-k} y_{t-k-s})$$

Si la serie es estacionaria se puede deducir lo siguiente:

$$E(\varepsilon_t y_t) = \sigma^2$$

$$E(\varepsilon_t y_{t-s}) = 0$$

Para encontrar la función de autocorrelación en un proceso AR, se utiliza la metodología Yule- Walker, que toma el valor esperado de la función y después lo multiplica por  $y_{t-s}$ , con  $s = 0, s = 1, \dots, s = \infty$ .

Se consideran procesos AR sin intercepto ( $a_0$ ), ya que éste no tiene un efecto importante en las funciones de autocorrelación (Enders, 60). En el caso de un AR(1)  $y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$ , sus autocorrelaciones son:

$$\text{Para } s = 0: \quad E(y_t y_t) = a_1 E(y_{t-1} y_t) + E(\varepsilon_t y_t)$$

$$\text{Para } s = 1: \quad E(y_t y_{t-1}) = a_1 E(y_{t-1} y_{t-1}) + E(\varepsilon_t y_{t-1})$$

$$\text{Para } s = 2: \quad E(y_t y_{t-2}) = a_1 E(y_{t-1} y_{t-2}) + E(\varepsilon_t y_{t-2})$$

⋮

$$\text{Para } s: \quad E(y_t y_{t-s}) = a_1 E(y_{t-1} y_{t-s}) + E(\varepsilon_t y_{t-s})$$

Resolviendo los valores esperados:

$$\text{Para } s = 0: \quad \gamma_0 = a_1 \gamma_1 + \sigma^2$$

$$\text{Para } s = 1: \quad \gamma_1 = a_1 \gamma_0$$

$$\text{Para } s = 2: \quad \gamma_2 = a_1 \gamma_1$$

⋮

$$\text{Para } s: \quad \gamma_s = a_1 \gamma_{s-1}$$

Donde  $\gamma_s$  es la covarianza cuando  $s > 0$ , y  $\gamma_0$  es la varianza de  $y_t$ .

La función de autocorrelación se define como la relación existente entre la covarianza de una serie,  $\gamma_s$ , y su varianza  $\gamma_0$ . Así, el coeficiente de autocorrelación para  $s = 0$ , y  $s = 1$ :

$$\rho_0 = \frac{\gamma_0}{\gamma_0} = 1$$

$$\rho_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{a_1 \gamma_0}{\gamma_0} = a_1 \rho_0 = a_1$$

Los coeficientes de correlación para  $s = 2$  y  $s = 3$ :

$$\rho_2 = \frac{\gamma_2}{\gamma_0} = \frac{a_1 \gamma_1}{\gamma_0} = a_1 \rho_1 = a_1^2$$

$$\rho_3 = \frac{a_1 \gamma_2}{\gamma_0} = a_1 \rho_2 = a_1^3$$

Siguiendo el proceso, el coeficiente de correlación  $\rho_s = a_1^s$ .

Si la serie temporal es estacionaria ( $a_1 < 1$ ), la función de autocorrelación será descendiente a medida que  $s$  tiende el infinito.

Para el caso de un proceso AR(2), cuya función es  $y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$ , siguiendo el procedimiento anterior resulta:

$$E(y_t y_t) = a_1 E(y_{t-1} y_t) + a_2 E(y_{t-2} y_t) + E(\varepsilon_t y_t)$$

$$E(y_t y_{t-1}) = a_1 E(y_{t-1} y_{t-1}) + a_2 E(y_{t-2} y_{t-1}) + E(\varepsilon_t y_{t-1})$$

⋮

$$E(y_t y_{t-s}) = a_1 E(y_{t-1} y_{t-s}) + a_2 E(y_{t-2} y_{t-s}) + E(\varepsilon_t y_{t-s})$$

Resolviendo las expectativas, y dado que  $E(\varepsilon_t y_t) = \sigma^2$ , se llega a los siguientes resultados:

$$\gamma_0 = a_1 \gamma_1 + a_2 \gamma_2 + \sigma^2$$

$$\gamma_1 = a_1 \gamma_0 + a_2 \gamma_1$$

$$\gamma_2 = a_1 \gamma_1 + a_2 \gamma_0$$

$$\gamma_3 = a_1 \gamma_2 + a_2 \gamma_1$$

⋮

$$\gamma_s = a_1 \gamma_{s-1} + a_2 \gamma_{s-2}$$

Los coeficientes de autocorrelación para  $s = 0$ , y  $s = 1$ :

$$\rho_0 = \frac{\gamma_0}{\gamma_0} = 1$$

$$\rho_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{a_1 \gamma_0 + a_2 \gamma_1}{\gamma_0} = a_1 + a_2 \rho_1 = \frac{a_1}{1 - a_2}$$

Y los coeficientes de correlación para  $s = 2$  y  $s = 3$ :

$$\rho_2 = \frac{a_1 \gamma_1 + a_2 \gamma_0}{\gamma_0} = a_1 \rho_1 + a_2 = a_1 \left( \frac{a_1}{1 - a_2} \right) + a_2$$

$$\rho_2 = \frac{a_1^2}{1 - a_2} + a_2$$

$$\rho_3 = \frac{a_1 \gamma_2 + a_2 \gamma_1}{\gamma_0} = a_1 \rho_2 + a_2 \rho_1 = a_1 \left( \frac{a_1^2}{1 - a_2} + a_2 \right) + a_2 \left( \frac{a_1}{1 - a_2} \right)$$

$$\rho_3 = \frac{a_1^3 + a_1 a_2}{1 - a_2} + a_1 a_2$$

Donde:

$$|\rho_3| < |\rho_2| \quad \rightarrow \quad |\rho_s| < |\rho_{s-1}|$$

Lo cual concluye que el modelo, si es estacionario, tendrá coeficientes de autocorrelación cada vez más pequeños, a medida que  $s$  tiende al infinito.

Para un proceso MA(1), la función de autocorrelación sigue los mismos pasos de la metodología Yule-Walker. Se considera el modelo  $y_t = \varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1}$ . Las covarianzas son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 E(y_t y_t) &= E[(\varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1})(\varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1})] = (1 + \beta^2)\sigma^2 \\
 E(y_t y_{t-1}) &= E[(\varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1})(\varepsilon_{t-1} + \beta\varepsilon_{t-2})] = \beta\sigma^2 \\
 E(y_t y_{t-2}) &= E[(\varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1})(\varepsilon_{t-2} + \beta\varepsilon_{t-3})] = 0 \\
 &\vdots \\
 E(y_t y_{t-s}) &= E[(\varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1})(\varepsilon_{t-s} + \beta\varepsilon_{t-s-1})] = 0
 \end{aligned}$$

Los coeficientes de autocorrelación son:

$$\begin{aligned}
 \rho_0 &= 1 \\
 \rho_1 &= \frac{\beta\sigma^2}{(1 + \beta^2)\sigma^2} = \frac{\beta}{1 + \beta^2} \\
 \rho_2 &= \frac{0}{(1 + \beta^2)\sigma^2} = 0 \\
 \rho_s &= 0, \quad \text{para todo } s > 1
 \end{aligned}$$

Como se aprecia, un proceso MA(1) tendrá una función de autocorrelación que desde el coeficiente 2 será cero.

Para un proceso ARMA(1,1):  $y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1}$ , la función de autocorrelación dependerá de los coeficientes  $\beta$  y  $a$ , como se muestra en seguida:

$$\begin{aligned}
 E(y_t y_t) &= a_1 E(y_{t-1} y_t) + E(\varepsilon_t y_t) + \beta E(\varepsilon_{t-1} y_t) \\
 &= a_1 \gamma_1 + \sigma^2 + \beta E[\varepsilon_{t-1}(a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t + \beta\varepsilon_{t-1})] \\
 &= a_1 \gamma_1 + \sigma^2 + \beta(a_1 + \beta)\sigma^2 \\
 E(y_t y_{t-1}) &= a_1 E(y_{t-1} y_{t-1}) + E(\varepsilon_t y_{t-1}) + \beta E(\varepsilon_{t-1} y_{t-1}) = a_1 \gamma_0 + \beta\sigma^2 \\
 E(y_t y_{t-2}) &= a_1 E(y_{t-1} y_{t-2}) + E(\varepsilon_t y_{t-2}) + \beta E(\varepsilon_{t-1} y_{t-2}) \\
 &= a_1 \gamma_1 \\
 &\vdots \\
 E(y_t y_{t-s}) &= a_1 E(y_{t-1} y_{t-s}) + E(\varepsilon_t y_{t-s}) + \beta E(\varepsilon_{t-1} y_{t-s}) = a_1 \gamma_{s-1}
 \end{aligned}$$

Las correlaciones son:

$$\gamma_0 = a_1 \gamma_1 + \sigma^2 + \beta(a_2 + \beta)\sigma^2$$



$$\gamma_1 = a_1\gamma_0 + \beta\sigma^2$$

$$\gamma_2 = a_1\gamma_1$$

Para obtener los dos primeros coeficientes de autocorrelación se resuelve simultáneamente  $\gamma_0$  y  $\gamma_1$ .

$$\gamma_0 = \frac{1 + \beta^2 + 2a_1\beta}{1 - a_1^2} \sigma^2$$

$$\gamma_1 = \frac{(1 + a_1\beta)(a_1 + \beta)}{1 - a_1^2} \sigma^2$$

Los coeficientes de autocorrelación  $\rho_1$  y  $\rho_s$  son:

$$\rho_1 = \frac{(1 + a_1\beta)(a_1 + \beta)}{1 + \beta^2 + 2a_1\beta}$$

$$\rho_s = a_1\rho_{s-1}, \quad \text{para todo } s > 1$$

### 2.3.1 Función de autocorrelación parcial

Las funciones de autocorrelación producen resultados indirectos, al mostrar correlaciones que son afectadas por observaciones intermedias: la correlación entre  $y_t$  y  $y_{t-s}$  está afectada por la intervención de las variables  $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-s+1}$  (Cryer, 112).

En cambio, la función de autocorrelación parcial, FACP, elimina el efecto de correlaciones intermedias, haciendo más clara la identificación de un proceso autoregresivo y de media móvil.

Considerando el caso general de un AR(p), el mejor pronóstico lineal de  $y_t$  en base a la función lineal de las variables  $(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_p, \dots, y_{t-s+1})$  para  $s > p$  es  $(\phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p})$  (Cryer, 113).

El coeficiente  $\phi$  se obtiene al extraer la media de las observaciones en las variables del modelo, de tal forma que  $y_t^* = y_t - \mu$ . El ejemplo para un AR (1) es:

$$y_t^* = \phi_{11} y_{t-1}^* + e_t \quad 2.17)$$

Donde  $e_t$  es un término de error que no necesariamente es un ruido blanco.

El coeficiente  $\phi$  es el coeficiente de autocorrelación parcial, que en la ecuación 2.17)  $\phi_{11}$  representa tanto la autocorrelación parcial como la autocorrelación *indirecta* entre  $y_t$  y  $y_{t-1}$  (Enders, 64), por lo que  $\phi_{11} = \rho_1$ . La correlación parcial en un AR (1) entre  $y_t$  y  $y_{t-2}$  es claramente cero.

El coeficiente de autocorrelación parcial será igual a cero para todo  $s > p$ , indicando el orden del modelo autoregresivo. Para obtener un panorama general, se obtienen las covarianzas entre  $y_t$  y  $y_{t-s}$ , a partir del término de error (Cryer, 113-114):

$$Cov(y_t^* - \phi_1 y_{t-1}^* - \phi_2 y_{t-2}^* - \dots - \phi_p y_{t-p}^*, y_{t-s} - h(y_{t-s+1}, y_{t-s+2}, \dots, y_{t-1}))$$

Donde  $h(y_{t-s+1}, y_{t-s+2}, \dots, y_{t-1})$  es el término de pronóstico lineal de  $y_{t-s}$ .

La expresión anterior es igual a

$$Cov(e_t, y_{t-s} - h(y_{t-s+1}, y_{t-s+2}, \dots, y_{t-1})) = 0$$

Así, en el modelo AR (p),  $\phi_{ss} = 0$  para todo  $s > p$ .

La función de autocorrelación parcial general se encuentra usando la función de autocorrelación  $\rho_s$ , usando las ecuaciones de Yule-Walker (Cryer, 114):

$$\rho_j = \phi_{s1}\rho_{1-j} + \phi_{s2}\rho_{2-j} + \phi_{s3}\rho_{3-j} + \dots + \phi_{ss}\rho_{k-j}$$

Donde su expresión de forma desagregada es:

$$\begin{aligned} \phi_{s1} + \rho_1\phi_{s2} + \rho_2\phi_{s3} + \dots + \rho_{s-1}\phi_{ss} &= \rho_1 \\ \rho_1\phi_{s1} + \rho_2\phi_{s2} + \rho_3\phi_{s3} + \dots + \rho_{k-2}\phi_{ss} &= \rho_2 \\ &\vdots \\ \rho_{s-1}\phi_{s1} + \rho_{s-2}\phi_{s2} + \rho_{s-3}\phi_{s3} + \dots + \phi_{ss} &= \rho_s \end{aligned} \quad 2.18)$$

Donde  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_k$  son valores que se conocen.

La solución al conjunto de ecuaciones es:

$$\phi_{ss} = \frac{\rho_s - \sum_{j=1}^{s-1} \phi_{s-1,j} \rho_{s-j}}{1 - \sum_{j=1}^{s-1} \phi_{s-1,j} \rho_j}$$

Donde  $\phi_{s,j} = \phi_{s-1,j} - \phi_{ss}\phi_{s-1,s-j}$  para todo  $j = 1, 2, \dots, k-1$

Para ejemplificar, en un proceso AR (2) la ecuación diferencial es:

$$y_t^* = \phi_{21}y_{t-1}^* + \phi_{22}y_{t-2}^* + e_t$$

Y los coeficientes de correlación parcial son:

$$\phi_{21} = \phi_{11} - \phi_{22}\phi_{11}$$

$$\phi_{22} = \frac{\rho_2 - \phi_{11}\rho_1}{1 - \phi_{11}\rho_1}$$

Y dado que  $\phi_{11} = \rho_1$ :

$$\phi_{22} = \frac{\rho_2 - \rho_1^2}{1 - \rho_1^2}$$

Donde el coeficiente  $\phi_{22}$  indica la correlación parcial entre  $y_t$  y  $y_{t-2}$  controlando el efecto de  $y_{t-1}$ .

### 2.3.2 Identificación de modelos

En la sección anterior se demostró la utilidad de las funciones de autocorrelación y las funciones de autocorrelación parcial para identificar el tipo de proceso de una serie. Se resumen los resultados en el siguiente cuadro (Cryer, 116):

Cuadro 2.i. Comportamiento de los modelos ARMA en las FAC y FACP

Proceso	AR ( $p$ )	MA ( $q$ )	ARMA ( $p, q$ ), $p > 0, q > 0$
FAC	Se desvanece	Se corta después del rezago $q$	Se desvanece
FACP	Se corta después del rezago $p$	Se desvanece	Se desvanece

Por otra parte, existen pruebas específicas que también ayudan a identificar un modelo autoregresivo. Las pruebas más comunes para seleccionar el modelo son el Criterio de Información Akaike (AIC), el Criterio Bayesiano de Schwarz (SBC), y el Criterio de Hannan y Quinn (HQC) cuyas formulas son la siguientes (Kirchgässner, 56-57):

$$AIC = \ln\left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\hat{\epsilon}_t^2)\right] + m \frac{2}{T}$$

$$SBC = \ln\left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\hat{\epsilon}_t^2)\right] + m \frac{\ln(T)}{T}$$

$$HQC = \ln\left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\hat{\epsilon}_t^2)\right] + m \frac{2\ln[\ln(T)]}{T}$$

Donde  $T$  es el número de observaciones utilizadas,  $m$  el número de parámetros estimados (si el modelo incluye intercepto,  $m = p + 1$ ) y  $\hat{\epsilon}_t^2$  es el cuadrado de los residuos estimados.

El rezago que tenga el valor más pequeño para cada criterio es el rezago óptimo para el modelo, sin embargo, se debe relacionar al rezago más adecuado en relación a las FAC y las FACP.

### 2.4 Problemas de estacionariedad

Es común que las series temporales no sean originalmente estacionarias. Las características normales de una serie temporal se describen en algunos hechos estilizados (Enders, 119-121) que afectan a la estimación del modelo, como son los siguientes:

- a) No existe una tendencia definida a incrementar o disminuir: un tipo de caminata aleatoria
- b) Un shock puede afectar indefinidamente el comportamiento de alguna variable
- c) La volatilidad de las series no es constante en el tiempo (heteroscedasticidad)
- d) Movimientos de series son afectados por movimientos de otras series

Es debido a estos hechos estilizados que se transforman las series temporales originales, resultando en una estimación más precisa y confiable al hacerlas estacionarias. Las razones para hacer las transformaciones son las siguientes (Chatfield, 11-12):

- a) Estabilizar la varianza: si la varianza es directamente proporcional al incremento de la media, una transformación logarítmica debe aplicarse.
- b) Para eliminar la tendencia. Una diferenciación es una solución.
- c) Para hacer el conjunto de datos normalmente distribuidos. Aplicar logaritmos o raíces cuadradas son una transformación adecuada.

#### 2.4.1 Modelo ARIMA(p, d, q)

Un modelo ARMA(p, q) caracterizado por serie que se ha transformado, específicamente que se ha diferenciado para volverla estacionaria se convierte en un modelo ARIMA(p, d, q), donde  $d$  indica el número de diferenciaciones que se aplicaron a la serie original.

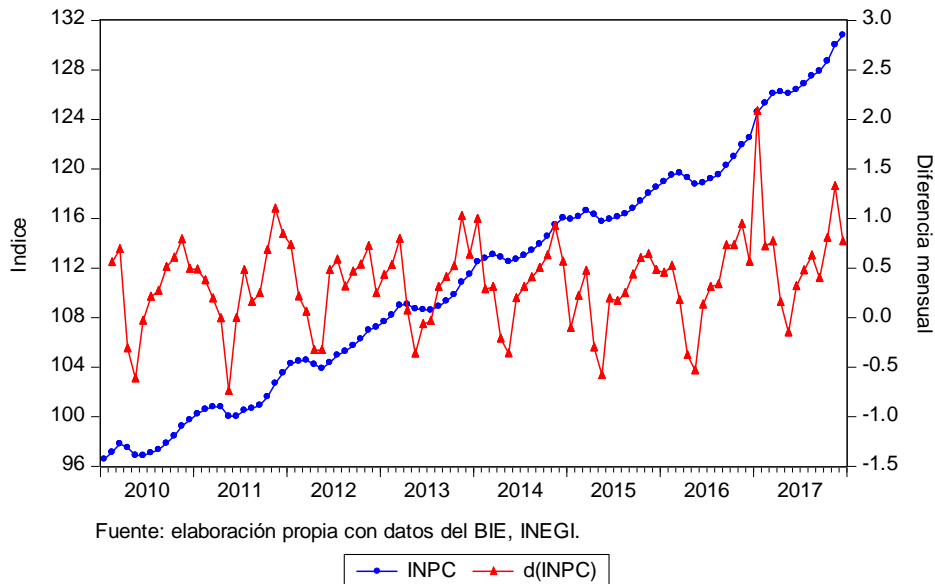
Si la ecuación de un proceso ARMA no estacionaria es  $y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \epsilon_t$ , se puede volver estacionaria si se aplica una diferenciación de un periodo. Así, un modelo ARIMA (1, 1, 0) sería:

$$y_t - y_{t-1} = a_0 + a_1 y_{t-1} - y_{t-1} + \epsilon_t$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \epsilon_t \quad (2.19)$$

Como se puede observar en la gráfica siguiente, el Índice Nacional de Precios al Consumidor mensual sigue un comportamiento de tendencia positiva marcada. Pero una vez que se aplica una diferencia, la tendencia se elimina y su media es más estable.

Gráfica 2.3. Índice Nacional de Precios al Consumidor  
2010-2017



### 2.4.2 Estacionalidad

La estacionalidad es una característica de una serie de tiempo que se observa cuando existe una repetición periódica de un determinado comportamiento a lo largo de los años. Por ejemplo, la venta de guantes en épocas de invierno no puede relacionarse con las ventas en meses pasados inmediatos, sino con la misma temporada del año pasado, ya que en invierno las ventas aumentarán considerablemente en comparación con las otras épocas del año: dicho comportamiento se repetirá año tras año.

La estacionalidad puede afectar la varianza de la serie a estimar y así mismo la estabilidad del modelo. Pero se puede eliminar a través de diferenciar la serie por el periodo relacionado del pasado. Suponiendo un modelo con variaciones estacionales, dicha característica se elimina de la siguiente manera:

$$y_t - y_{t-4} = a_a + a_1 y_{t-1} - y_{t-4} + \epsilon_t$$

$$\Delta^4 y_t = a_a + \gamma \Delta^4 y_{t-1} + \epsilon_t \quad 2.19i)$$

Donde  $\Delta^4$  indica que el cambio se realizó respecto al cuarto rezago a partir de  $y_t$ .

La estacionalidad se puede identificar a través de la FAC. Un modelo AR con componente estacional muestra una FAC con picos en los rezagos (4, 8, 12, ...). En un modelo MA sólo en el rezago 4 de la FAC muestra un pico (Enders, 97).

### 2.5 Regresión espuria

Se considera la siguiente ecuación:

$$y_t = a_0 + a_1 z_t + e_t$$

Donde  $e_t$  puede estar correlacionado serialmente.

Se considera que la regresión es espuria si las secuencias  $[y_t]$  y  $[z_t]$  no son estacionarias y tiene un término  $e_t$  con media diferente de cero y varianza no finita. Si existe una relación espuria, la regresión mostrará un alto valor en  $R^2$  y estadísticos  $t$  y  $F$  significativos, pero los resultados no tendrán un sentido económico o financiero (Enders, 195).

Granger y Newbold (Enders, 196) realizaron pruebas sobre variables que tenían relación estadística, pero sin sentido económico, las cuales mostraban series residuales  $[e_t]$  no estacionarias. Por ello se analizan los residuos: si las dos secuencias se generan de manera independiente, y se obvia el intercepto, se puede entender a partir de la última ecuación que:

$$e_t = y_t - a_1 z_t$$

$$e_t = (y_{t-1} + \varepsilon_{yt}) - a_1 (z_{t-1} + \varepsilon_{zt})$$

Bajo las condiciones iniciales  $y_0 = z_0 = 0$ , se tiene que:

$$e_t = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{yi} - a_1 \sum_{i=1}^t \varepsilon_{zi}$$

El término de error  $e_t$  depende del tiempo, generando un alto grado de autocorrelación, e influyendo en que los estadísticos  $t$ ,  $F$  y  $R^2$  no sean confiables (Enders, 196).

El caso de la regresión espuria se da cuando las series  $[y_t]$  y  $[z_t]$  están integradas bajo el mismo orden, pero no son estacionarias, con un término  $e_t$  caracterizado por una tendencia estocástica. Si las variables son  $I(1)$ , el problema de la regresión espuria se puede eliminar estimando la ecuación en primeras diferencias (Enders, 199):

$$\Delta y_t = a_1 \Delta z_t + \Delta e_t$$

## 2.6 Pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller, Dickey-Fuller Aumentada, Phillips-Perron, y estacionariedad (KPSS)

### *Prueba Dickey-Fuller*

Dickey y Fuller consideran tres ecuaciones de regresión que pueden ser usadas para probar la presencia de una raíz unitaria (Enders, 206). En esencia, se trata de sustraer  $y_{t-1}$  de la ecuación diferencial:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \varepsilon_t$$

Donde  $\gamma$  es igual a  $(a_1 - 1)$ .

Las ecuaciones tienen raíz unitaria si  $\gamma = 0$ , lo que significa que  $a_1 = 1$ . Esta prueba se hace a través de la regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), al comparar el estadístico  $t$  resultante con su valor asociado  $\tau$  en las tablas Dickey-Fuller (Enders, 206): para aceptar la hipótesis nula  $\gamma = 0$ , el estadístico  $t$  debe ser menor a los valores de  $\tau$ .

Además de la comparación de los parámetros individuales a través de  $t$ , se puede hacer una prueba para el conjunto de los parámetros  $(a_0, \gamma, a_1)$ , bajo la hipótesis nula de que existe al menos una raíz unitaria en el modelo. La prueba estadística de comparación es el estadístico  $F^{32}$ : si el valor calculado de  $F$  es menor al valor asociado en las tablas de Dickey-Fuller,  $\emptyset$ , se acepta la hipótesis nula.

### ***Prueba Dickey-Fuller Aumentada***

La prueba Dickey-Fuller Aumentada considera ecuaciones diferenciales donde el modelo se especifica con variaciones en todos los rezagos incluidos en el modelo (Enders, 207).

Para demostrar el procedimiento, se considera la ecuación de orden  $p$  con intercepto y sin tendencia (Enders, 215):

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + a_3 y_{t-3} + \dots + a_{p-2} y_{t-p+2} + a_{p-1} y_{t-p+1} + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

En el primer paso se sustrae y agrega el rezago  $a_p y_{t-p+1}$  (dado que se busca mostrar el cambio de del componente rezagado  $a_p y_{t-p}$  con un rezago subsecuente):

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + a_3 y_{t-3} + \dots + a_{p-2} y_{t-p+2} + (a_{p-1} + a_p) y_{t-p+1} - a_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Siguiendo la idea, se hace el cambio del rezago  $(a_{p-1} + a_p) y_{t-p+1}$  sustrayendo y agregando el componente  $(a_{p-1} + a_p) y_{t-p+2}$  de la última ecuación:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + a_3 y_{t-3} + \dots + (a_{p-2} + a_{p-1} + a_p) y_{t-p+2} - (a_{p-1} + a_p) \Delta y_{t-p+1} - a_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se puede obtener la siguiente expresión:

$$y_t = a_0 + (a_1 + a_2 + \dots + a_{p-1} + a_p) y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \left[ \left( \sum_{j=1}^p a_j \right) \Delta y_{t-i+1} \right] + \varepsilon_t$$

Restando el último término  $y_{t-1}$  en ambos lados de la ecuación:

---

<sup>32</sup> La prueba F se construye de la siguiente manera:  $\emptyset_i = \frac{[SSR(restringido) - SSR(no restringido)]/r}{SSR(no restringido)/(T-k)}$  donde SSR es el cuadrado de la suma de los residuos tanto del modelo restringido como del no restringido, r el número de restricciones, T el número de observaciones y k el número de parámetros estimados en el modelo no restringido (Enders, 208).

$$\Delta y_t = a_0 - y_{t-1} + (a_1 + a_2 + \dots + a_{p-1} + a_p)y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \left[ \left( \sum_{j=1}^p a_j \right) \Delta y_{t-i+1} \right] + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (2.27)$$

Donde  $\gamma = -(1 - \sum_{i=1}^p a_i)$ ,  $\beta_i = (\sum_{j=1}^p a_j)$ , y  $\varepsilon_t$  son independientes y tienen varianza constante.

El estadístico de importancia es el coeficiente  $\gamma$  que incluye todos los coeficientes de los rezagos subsecuentes de la ecuación diferencial. Con  $\gamma$  se prueba la presencia de una raíz unitaria en el modelo: si todos los coeficientes de la ecuación diferencial suman 1, al menos una raíz característica es unitaria (Enders, 215).

Con base al resultado de 2.27), se obtienen las ecuaciones para modelos que contienen constante y tendencia, y modelos sin ninguna de éstas:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

Para comprobar la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria se utilizan los mismos estadísticos  $\tau$  y  $\emptyset$  anteriores usados en la prueba Dickey-Fuller.

### ***Prueba Phillips-Perron***

La prueba de Phillips-Perron es una generalización de la prueba Dickey-Fuller, al tomar en cuenta la autocorrelación de los residuos esperados (Kirchgässner, 171). La prueba considera la varianza de los residuos ajustada de la siguiente forma:

$$\sigma_{\hat{\varepsilon}_m}^2 = \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2 + \frac{2}{T} \sum_{i=1}^m (W_{im} \sum_{t=i+1}^T \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-i})$$

Donde  $\hat{\varepsilon}$  son los residuos obtenidos por MCO,  $T$  el número de observaciones,  $m$  el número máximo de las autocovarianzas de los residuos, y  $W_{im}$  el conjunto de ponderaciones que aseguran la consistencia y no negatividad de la varianza.

A partir de la varianza ajustada de los residuos, se obtienen los estadísticos de prueba individuales y en conjunto ajustados.



Para el modelo  $y_t = \tilde{\alpha}_0 + \tilde{\alpha}_1 y_{t-1} + \tilde{\alpha}_2 t + \epsilon_t$ , con constante y tendencia, el estadístico  $t$  ajustado es (Kirchgässner, 172):

$$\tilde{t}_{\tilde{\alpha}_1} = \frac{s}{\sigma_{\epsilon m}} \hat{t} - \frac{(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)T^3}{4\sigma_{\epsilon m}\sqrt{3|X'X|}}$$

Donde  $s$  es error estándar de la regresión,  $X$  es la matriz  $[1 \ y_{t-1} \ t]$ , y  $\hat{t}$  es el estadístico usual de la regresión por MCO.

El estadístico de prueba conjunta bajo la hipótesis nula  $H_0: (\tilde{\alpha}_0, \tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2) = (0, 0, 1)$ , es:

$$\tilde{F}_{\tilde{\alpha}_0, \tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2} = \frac{s}{\sigma_{\epsilon m}} \hat{F} - \frac{(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)}{3\sigma_{\epsilon m}^2} \left[ T(\tilde{\alpha}_1 - 1) - \frac{T^6(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)}{48|X'X|} \right]$$

Donde  $\hat{F}$  es el estadístico usual de la regresión.

Bajo la hipótesis nula  $H_0: (\tilde{\alpha}_0, \tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2) = (1, 0, 1)$  el estadístico conjunto ajustado puede escribirse como:

$$\tilde{F}_{\tilde{\alpha}_0, \tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2} = \frac{s}{\sigma_{\epsilon m}} \hat{F} - \frac{(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)}{2\sigma_{\epsilon m}^2} \left[ T(\tilde{\alpha}_1 - 1) - \frac{T^6(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)}{48|X'X|} \right]$$

En el caso del modelo sin constante ni tendencia  $y_t = a_1 y_{t-1} + \epsilon_t$  bajo la hipótesis nula  $H_0: (a_1) = (1)$ , y el modelo con constante pero sin tendencia  $y_t = a_0^* + a_1^* y_{t-1} + \epsilon_t$  bajo la hipótesis nula  $H_0: (a_0^*, a_1^*) = (0, 1)$ , los estadísticos ajustados, respectivamente, son:

$$\tilde{t}_{a_1} = \frac{s}{\sigma_{\epsilon m}} \hat{t} - \frac{0.5(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)T}{\sigma_{\epsilon m}\sqrt{\sum_{t=1}^T y_{t-1}^2}}$$

$$\tilde{F}_{a_0^*, a_1^*} = \frac{s}{\sigma_{\epsilon m}} \hat{F} - \frac{(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)}{2\sigma_{\epsilon m}^2} \left[ T(a_1^* - 1) - \frac{T^2(\sigma_{\epsilon m}^2 - s^2)}{4\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2} \right]$$

Los valores críticos para aceptar o rechazar la hipótesis nula se obtienen con las tablas de Mackinnon para las pruebas  $t$ , y las tablas de Dickey-Fuller para los estadísticos  $F$  (Kirchgässner, 173).

### **Prueba KPSS**

Las pruebas Dickey-Fuller, Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron se utilizan para comprobar la existencia de raíces unitarias en los procesos autoregresivos, tanto para los coeficientes individuales como en el conjunto de ellos. Sin embargo, Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992) desarrollaron una prueba donde la hipótesis nula no es la existencia de raíces unitarias, sino de estacionariedad, conocida como prueba KPSS (Kirchgässner, 178).

El modelo base de la prueba KPSS contiene una tendencia determinista  $a_2t$ , un término de error estacionario  $\varepsilon_t$ , y, en vez de un término constante, una caminata aleatoria:

$$y_t = \alpha_0 + a_2t + \varepsilon_t$$

Donde la caminata aleatoria es  $\alpha_0 = \alpha_{t-1} + \varepsilon_{\alpha t}$ , y sus residuos  $\varepsilon_{\alpha t}$  son independientes y están normalmente distribuidos.

La hipótesis nula de la prueba es una tendencia estacionaria  $a_2t$ , lo que implicaría que la varianza de  $\varepsilon_{\alpha t}$  es cero, y que el término  $\alpha_0$  no es una caminata aleatoria, sino una constante, resultando un proceso estacionario de  $y_t$  (Kirchgässner, 178). La prueba KPSS trata de discriminar entre un proceso de tendencia estacionaria pura y uno con una caminata aleatoria aditivo, para conocer si el proceso es realmente estacionario.

El primer paso para la prueba es obtener la suma de los residuos estimados de la regresión con término de error y tendencia, por lo que se ajusta la regresión por la media y el posible impacto de la tendencia (Kirchgässner, 178), teniendo como hipótesis nula el nivel de tendencia del proceso, en vez de una tendencia estacionaria (Kwiatkowski, 1992: 163):

$$S_{t,\mu} = \sum_{i=1}^t \hat{\varepsilon}_{i,\mu}$$

A partir de los residuos estimados del modelo, se puede construir el estadístico de prueba (Kirchgässner, 179):

$$\hat{\eta}_\mu = \frac{1}{T^2} \frac{\sum_{t=1}^T (S_{t,\mu})^2}{\sigma_\varepsilon^2}$$

Donde  $\sigma_\varepsilon^2$  es la varianza del término  $\varepsilon_t$ .

Los valores críticos para aceptar o rechazar la hipótesis nula son obtenidos por los mismos autores de la prueba KPSS.

## 2.7 Modelos ARCH

Un supuesto fundamental de los modelos de series de tiempo es que la varianza de una serie es constante a lo largo del tiempo, es decir, el modelo es homocedástico. Sin embargo, muchas series muestran periodos de alta variabilidad junto a periodos de baja variabilidad dentro de una temporalidad determinada, lo que se conoce como heteroscedasticidad.

Los problemas de la varianza no constante, o el valor esperado de los errores al cuadrado, se suelen corregir para evitar los problemas en la estimación del modelo, pero los modelos ARCH y GARCH modelan la varianza mejorando la precisión de la estimación, *utilizando la varianza de cada término de error para la predicción* (Engle, 157).

Considerando el modelo ARMA(1, 0)  $y_t = a_o + a_1 y_{t-1} + \epsilon_t$ , su media condicional es (Enders, 124):

$$E(y_{t+1}) = a_o + a_1 y_t$$

Y su varianza condicional es:

$$var(y_{t+1}|y_t) = E[(y_{t+1} - a_o - a_1 y_t)^2] = E(\epsilon_{t+1}^2) = \sigma_y^2$$

En cambio, la media incondicional<sup>33</sup> se obtiene al hacer una iteración hacia adelante. Para el periodo  $(t + 2)$  resulta:

$$\begin{aligned} E(y_{t+2}) &= a_o + a_1 y_{t+1} \\ &= a_o + a_1(a_o + a_1 y_t) \\ &= a_o(1 + a_1) + a_1^2 y_t \end{aligned}$$

Siguiendo la iteración hasta el periodo  $s$ , se obtiene la siguiente expresión:

$$E(y_{t+s}) = a_o(1 + a_1 + a_1^2 + \dots + a_1^{s-1}) + a_1^s y_t$$

Si la serie es estacionaria, tal que  $a_1 < 1$ , y  $s$  tiende al infinito, entonces la media incondicional  $E(y_{t+s})$  es  $(a_o/1 - a_1)$ , y su respectiva varianza incondicional es:

$$E\left[\left(y_{t+1} - \frac{a_o}{1 - a_1}\right)^2\right] = E[(\epsilon_{t+1} + a_1 \epsilon_t + a_1^2 \epsilon_{t-1} + \dots + a_1^s \epsilon_{t-s+1})^2] = \frac{\sigma^2}{1 - a_1^2}$$

En los modelos ARCH se utiliza la media y varianza condicional, ya que sus valores dependen de valores pasados. Pero el problema que se asume en este tipo de modelos es una varianza condicional  $\sigma_y^2 = E(\epsilon_{t+1}^2)$  no constante.

Por ello, la varianza se puede modelar como un proceso AR(p) usando la estimación del cuadrado de los residuos estimados (Enders, 125), como se muestra enseguida:

$$\hat{\epsilon}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\epsilon}_{t-1}^2 + \alpha_2 \hat{\epsilon}_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \hat{\epsilon}_{t-p}^2 + v_t \quad 2.20)$$

Donde  $v_t$  es un ruido blanco, con varianza igual a 1.

La ecuación 2.20) es un proceso *autoregresivo de heteroscedasticidad condicional*, un ARCH ( $p_\epsilon$ ), donde  $p_\epsilon$  representa el número de rezagos autoregresivos en el término de error. Sin embargo, al estimar las ecuaciones simultáneamente, el modelo para  $y_t$  como

---

<sup>33</sup> La media condicional es el valor esperado de una variable que está condicionada a sus propios valores pasados o valores de otra variable. Por otra parte, la media incondicional no está condicionada a valores propios o de otra variable: el método para obtenerla implica que también es una media de largo plazo.

la varianza autoregresiva, la mejor forma se hacerlo es usar un proceso ARCH multiplicativo para la varianza, como el propuesto por Engel (1982) (Enders, 125):

$$\epsilon_t = v_t \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2} \quad (2.21)$$

Donde  $v_t$  es independiente de  $\epsilon_{t-1}$ , y los valores que aseguran la estabilidad deben de ser  $\alpha_0 > 0$  y  $0 \leq \alpha_1 \leq 1$ . El proceso (2.21) es un ARCH(1).

Dado que el valor esperado del cuadrado de los errores es igual a  $\sigma_y^2$ , de la cual se espera considere las variaciones en el modelo bajo homocedasticidad, se procede a obtener la media y varianza bajo el proceso (2.21).

La media condicional de  $\epsilon_t$  es:

$$E(\epsilon_t | \epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \dots) = E(v_t) E\left(\sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2}\right) = 0$$

Dado que  $E v_t = 0$ .

Por su parte, la varianza condicional sí es afectada por el proceso multiplicativo del término de error:

$$\begin{aligned} E(\epsilon_t^2 | \epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \dots, \epsilon_{t-p_\epsilon}) &= E\left[v_t^2 \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2\right]^2 \\ &= E(v_t^2) E(\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2) \end{aligned}$$

Dado que  $\epsilon_{t-1}^2$  es un valor conocido, y  $E(v_t^2) = \sigma_v^2 = 1$ , el resultado es:

$$\begin{aligned} &= \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 \\ &= \sigma_\epsilon^2 \end{aligned}$$

La varianza condicional dependerá del valor observado de  $\epsilon_{t-1}^2$ : si éste es grande, la varianza condicional  $E\epsilon_t^2$  también lo será, si  $\epsilon_{t-1}^2$  es bajo, la varianza será pequeña, mostrando que un modelo ARCH es capaz de capturar periodos de alta y baja volatilidad en la serie temporal (Enders, 126).

La media incondicional de (2.21) es:

$$E(\epsilon_t) = E(v_t) E\left(\sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2}\right) = 0$$

Y la varianza incondicional es:

$$E(\epsilon_t^2) = E(v_t^2) E(\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2)$$

Dado que  $E\epsilon_t^2 = E\epsilon_{t-1}^2$ , la varianza incondicional se reduce a:

$$E(\epsilon_t^2) = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1}$$

La varianza incondicional de  $\epsilon_t$  es constante, de tal manera que  $var(\epsilon_t) = var(\epsilon_{t-1}) = \dots = var(\epsilon_{t-p_\epsilon}) = \alpha_0/(1 - \alpha_1)$ .

La medida y la varianza incondicional no son afectadas por el proceso multiplicativo ARCH, mostrando estabilidad en el largo plazo del proceso. Pero como la varianza condicional sí es afectada, el modelo toma en cuenta las variaciones del término de error: *la varianza condicional es un proceso autoregresivo resultando en errores condicionalmente heteroscedásticos* (Enders, 126).

Para el modelo general de un ARCH ( $p_\epsilon$ ), el proceso es el siguiente:

$$\epsilon_t = v_t \sqrt{\alpha_0 + \sum_{i=1}^{p_\epsilon} \alpha_i \epsilon_{t-i}^2} \quad (2.22)$$

Dado un proceso ARCH, se analizan las propiedades de la secuencia  $[y_t]$ . La media condicional de  $y_t$  (Enders, 127) es:

$$E(y_t) = a_0 + a_1 y_{t-1}$$

Y su varianza:

$$\begin{aligned} var(y_{t+1}|y_t) &= E[(y_t - a_0 - a_1 y_{t-1})^2] = E(\epsilon_t^2) \\ &= \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 \\ &= \sigma_\epsilon^2 \end{aligned}$$

La media incondicional, obtenida al resolver la ecuación diferencial y tomar expectativas, es:

$$\begin{aligned} y_t &= \frac{a_0}{1 - a_1} + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \epsilon_{t-i} \\ E(y_t) &= \frac{a_0}{1 - a_1} \end{aligned}$$

La varianza incondicional dado que  $E(\epsilon_t \epsilon_{t-i}) = 0$  para todo  $i \neq 0$  es (Enders, 128):

$$var(y_t) = \sum_{i=0}^{\infty} a_1^{2i} var(\epsilon_{t-i})$$

Dado que la varianza incondicional de  $\epsilon_t$  es la constante  $\alpha_0/(1 - \alpha_1)$ :

$$\text{var}(y_t) = \left( \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1} \right) \left( \frac{1}{1 - \alpha_1^2} \right)$$

### 2.7.1 Modelo GARCH

El modelo GARCH es la generalización del modelo de Engel realizada por Bollerslev para permitir que la varianza condicional sea un proceso ARMA (Enders, 128). El proceso del término de error para un ARCH general se expresa como sigue:

$$\epsilon_t = v_t \sqrt{h_t} \quad (2.23)$$

Donde:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p_\epsilon} \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{q_\epsilon} \beta_i h_{t-i}$$

El modelo generalizado ARCH 2.23) es llamado GARCH ( $p_\epsilon, q_\epsilon$ ), donde  $q_\epsilon$  representa los rezagos especificados en  $h_{t-i}$ , la media móvil (Engle, 160).

La estimación de un modelo GARCH, envuelve la estimación de dos procesos interrelacionados (Enders, 146):

$$y_t = a_0 + \beta x_t + \epsilon_t$$

y

$$\epsilon_t = v_t \left( \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_{p_\epsilon} \epsilon_{t-p_\epsilon}^2 + \beta_1 h_{t-1} + \dots + \beta_{q_\epsilon} h_{t-q_\epsilon} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.23)$$

Donde  $x_t$  contiene variables exógenas y/o un proceso ARMA ( $p^m, q^m$ ).

Para un modelo GARCH(1, 1), el término de error es:

$$\epsilon_t = v_t (\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1})^{\frac{1}{2}}$$

Donde  $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$ .

Dado que  $v_t$  no se relaciona con  $\epsilon_{t-1}^2$  o  $h_{t-1}$ , y  $E(v_t) = 0$ , la media condicional e incondicional de  $\epsilon_t$  son iguales a cero.

La varianza condicional de  $\epsilon_t$ , que es igual a  $\sigma_y^2$ , es:

$$\begin{aligned} E(\epsilon_t^2) &= E \left[ v_t (\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1})^{\frac{1}{2}} \right]^2 \\ &= E(v_t^2) E(\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}) \\ &= E(\alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}) \end{aligned}$$

Dado que  $\epsilon_{t-1}^2$  y  $h_{t-1}$  son valores conocidos:

$$E\epsilon_t^2 = h_t \quad 2.24)$$

Por lo que  $h_t$  también es igual a la varianza del modelo,  $\sigma_y^2$ . La varianza condicional del error de un proceso GARCH no es constante. Pero se puede modelar y pronosticar con la especificación adecuada de los parámetros de  $h_t$  (Enders, 147).

La varianza incondicional es:

$$\begin{aligned} E(\epsilon_t^2) &= E(v_t^2)E(\alpha_0 + \alpha_1\epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}) \\ &= \alpha_0 + \alpha_1 E(\epsilon_{t-1}^2) + \beta_1 E(h_{t-1}) \end{aligned}$$

Bajo la ley de las expectativas iteradas  $E(\epsilon_{t-i}^2) = E(h_{t-i})$  (Enders, 147), se tiene:

$$E(\epsilon_t^2) = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1)E(\epsilon_{t-1}^2)$$

Como se sabe, las varianzas incondicionales son constantes, de tal manera que  $E(\epsilon_t^2) = E(\epsilon_{t-1}^2)$ , y dada la condición de invertibilidad  $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ , se llega a la siguiente expresión:

$$E(\epsilon_t^2) = \frac{\alpha_0}{(1 - \alpha_1 - \beta_1)}$$

Dadas las características de las medias y varianzas, un modelo GARCH se caracteriza por ser de media invertible y condicionalmente heteroscedástico, pero con una varianza incondicional constante (Engle, 160).

Respecto a la volatilidad, los valores de  $\alpha_1$  y  $\beta_1$  influyen en la volatilidad condicional. Mientras más grande sea  $\alpha_1$ , más grande será la respuesta de  $h_t$  a nueva información; si  $\alpha_1$  es grande, un shock  $v_t$  tiene un efecto considerable en  $\epsilon_t^2$  y  $h_t$ . Por otra parte, un valor relativamente mayor de  $\beta_1$ , implica una mayor persistencia autoregresiva en la varianza condicional del modelo (Enders, 148).

Por otra parte, las autocorrelaciones entre  $E\epsilon_t\epsilon_{t-j}$  son iguales a cero:

$$E\epsilon_t\epsilon_{t-j} = E\left[v_t(h_t)^{\frac{1}{2}}v_{t-j}(h_{t-j})^{\frac{1}{2}}\right] = 0, \text{ para todo } j \neq 0$$

Sin embargo, como se muestra en el resultado expresado en 2.24), los residuos esperados al cuadrado sí están correlacionados. A decir, las FAC de los residuos al cuadrado se comportan como un proceso ARMA, lo que permite su identificación (Enders, 147).

### 2.7.2 Identificación de un modelo GARCH

La identificación de un modelo GARCH se relaciona con el comportamiento del término de error al cuadrado: si  $h_t$  tiene raíces menores a 1, los residuos de un modelo ARMA ajustado deben de seguir este mismo camino (Enders, 146).

Para identificar un proceso GARCH, y su orden, se utiliza el correlograma del cuadrado de los residuos. Para obtener este correlograma se siguen los siguientes pasos (Enders, 129-130):

*Paso 1.* Se obtiene el cuadrado de los residuos ajustados  $[\hat{\epsilon}_t^2]$  del modelo ARMA mejor especificado, y se calcula la varianza de los residuos:

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{t=1}^T \frac{\hat{\epsilon}_t^2}{T}$$

Donde  $T$  es el número de los residuos.

*Paso 2.* Calcular y graficar las autocorrelaciones del cuadrado de los residuos:

$$\rho_i = \frac{\sum_{t=i+1}^T (\hat{\epsilon}_t^2 - \hat{\sigma}^2)(\hat{\epsilon}_{t-i}^2 - \hat{\sigma}^2)}{\sum_{t=1}^T (\hat{\epsilon}_t^2 - \hat{\sigma}^2)^2}$$

*Paso 3.* Los valores individuales de  $\rho_i$  que son significativamente diferentes de cero son indicativos de errores GARCH. Para probar la significancia de los coeficientes se utiliza el estadístico Q Ljung-Box (Enders, 130):

$$Q = T(T + 2) \sum_{i=1}^n \frac{\rho_i^2}{(T - i)}$$

La hipótesis nula es que la secuencia  $[\hat{\epsilon}_t^2]$  está correlacionada serialmente, si aceptamos la hipótesis, los errores son ARCH o GARCH. El estadístico debe de seguir una distribución  $\chi^2$  con  $n$  grados de libertad si la secuencia no está serialmente correlacionada.

### 2.7.3 Modelo ARCH-M

El modelo ARCH se puede modificar para que la media de la secuencia dependa de su propia varianza condicional. El modelo es un ARCH en media o ARCH-M, y se usa principalmente en el estudio de los mercados de activos financieros (Enders, 143).

El modelo ARCH-M se construye a partir del exceso de retorno de un activo riesgoso. Dicho exceso de retorno es la diferencia entre la tasa de retorno de un activo seguro, como los bonos de gobierno, y la tasa de un activo relativamente más riesgoso, como una acción.

En principio, los inversionistas adversos al riesgo<sup>34</sup> requieren una compensación por retener un activo riesgoso en vez de un bono. El modelo es:

---

<sup>34</sup> Los inversionistas adversos al riesgo son aquellos que escogen dentro de un conjunto de activos con el mismo rendimiento esperado, aquel que tenga el menor riesgo relacionado.



$$y_t = \mu_t + \epsilon_t \quad 2.25)$$

Donde  $y_t$  es el exceso de retorno;  $\mu_t$  es la prima de riesgo necesaria para inducir a un agente adverso al riesgo a retener un activo de largo plazo a un bono de un periodo determinado;  $\epsilon_t$  es un shock impredecible sobre el exceso de retorno del activo de largo plazo.

El exceso de retorno esperado es:

$$E(y_t) = \mu_t$$

Dado que el nivel de riesgo de un activo se puede medir por la varianza de los retornos, la prima de riesgo será una función creciente de su varianza condicional (Enders, 143): mientras más grande sea la varianza condicional de los retornos, mayor será la compensación requerida por los inversionistas para adquirir un activo de riesgo.

Si  $h_t$  es la varianza condicional de  $\epsilon_t$ , la prima de riesgo se puede expresar como:

$$\mu_t = \beta + \delta h_t \quad 2.26)$$

Donde:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2$$

La media condicional de  $y_t$  depende de la varianza condicional  $h_t$ : si es constante, el modelo ARCH-M será el modelo simple de una prima de riesgo constante (Enders, 144).

## 2.8 Metodología Box-Jenkins

La metodología Box-Jenkins es utilizada para la modelación de series de tiempo en procesos ARIMA. Refiere una secuencia de pasos a seguir que involucran la identificación del modelo ARIMA y el cumplimiento de las condiciones de estacionariedad, como se ha venido describiendo en secciones pasadas. A continuación, se muestra dicha metodología (Pérez, 95-96):

- 1) La obtención de datos debe de recoger al menos 50 observaciones.
- 2) Revisión gráfica de la serie, que permita verificar de forma abstracta la estacionariedad y sus posibles transformaciones.  
En este punto, se puede conocer mejor la serie. Se puede identificar una tendencia, shocks permanentes o que se corrigen en el tiempo, varianza creciente, etc.
- 3) Transformación de la serie. Es importante hacer pruebas tanto de la serie original como de alguna transformación de la misma para comparar resultados y optar por la mejor serie. Esto incluye diferenciación, aplicaciones logarítmicas, eliminación de la tendencia, entre otras.
- 4) Identificación del modelo ARMA o, en su caso, ARIMA, con base a las FAC y FACP, u otras pruebas.

- 5) Una vez establecido el modelo, se estiman los coeficientes.
- 6) Validación del modelo. En estas pruebas se intenta precisar un modelo estacionario.  
En la identificación, se puede observar una media reversible en tanto que fluctúa alrededor de una media de largo plazo; una varianza finita independiente del tiempo y un correlograma teórico que disminuye a medida que aumentan los rezagos de la serie (Enders, 1995: 212).
- 7) Analizar el proceso de error del modelo.
- 8) Seleccionar el modelo no espurio y estacionario.
- 9) Predicción.

## 2.9 Análisis multiecuacional: Sistema de Vectores Autoregresivos

El objetivo del análisis multivariado de series de tiempo es estudiar las relaciones dinámicas entre variables y otros factores, y a través de esto mejorar la precisión en la predicción (Tsay, 1).

Un Sistema de Vectores Autoregresivos, sistema VAR, es un enfoque alternativo al sistema de ecuaciones simultáneas tradicionales, al asumir que todas las variables consideradas dentro del sistema son endógenas (Kirchgässner, 126).

En un modelo VAR se tratan a las variables de forma simétrica, dependientes de sus propios valores pasados, tanto como los valores pasados y presentes de las demás variables, sin predeterminarlas como exógenas o endógenas (Enders, 285).

La representación de un VAR bivariado en su *forma primitiva* es la siguiente:

$$\begin{aligned} y_t &= b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \\ z_t &= b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \end{aligned} \quad (2.28)$$

El conjunto de ecuaciones 2.28) es un vector autoregresivo de primer orden, ya que el rezago más alejado en el tiempo es  $(t - 1)$ . Los procesos contemporáneos  $z_t$  y  $y_t$  se consideran estacionarios, y los términos de error  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$ , también llamados innovaciones, son ruidos blancos con desviación estándar constante y no están correlacionados (Enders, 285).

Sin embargo, los términos  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  pueden afectar a los procesos  $z_t$  y  $y_t$ , respectivamente, debido a los coeficientes  $b_{12}$  y  $b_{21}$  relacionados a las secuencias contemporáneas, provocando problemas de correlación<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Para mostrar el problema de correlación, primero se obtiene la siguiente diferencia:  $y_t - E(y_t) = \frac{1}{1-b_{12}b_{21}}(\varepsilon_{yt} - \varepsilon_{zt})$ . Ahora se obtiene la covarianza entre  $y_t$  y  $\varepsilon_{zt}$ :  $cov(y_t, \varepsilon_{zt}) = \frac{1}{1-b_{12}b_{21}}(\varepsilon_{yt}\varepsilon_{zt} - \varepsilon_{zt}\varepsilon_{zt}) = -\frac{\sigma_z^2}{1-b_{12}b_{21}}$ , la cual muestra que el término  $\varepsilon_{yt}$  está correlacionado con  $y_t$  afectando la estimación.

La estimación por MCO de un VAR en su forma primitiva no produce resultados óptimos, porque las variables dependientes y los términos de error pueden estar correlacionados, por lo que se transforma el conjunto de ecuaciones 2.28) en un sistema donde las variables dependientes están solamente en función de variables explicativas y términos de error. Así, agrupando las secuencias contemporáneas, el modelo VAR matricial en *forma reducida* es (Enders, 285):

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Y se puede expresar como:

$$\beta x_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t \quad 2.29)$$

Donde  $x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix}$ ,  $x_{t-1} = \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix}$ , los vectores de coeficientes son  $\beta = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}$ ,  $\Gamma_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix}$ ,  $\Gamma_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix}$ , y el conjunto de ruidos blancos es  $\varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$ .

Premultiplicando ambos lados por  $B^{-1}$  del VAR en forma reducida, se obtiene su *forma estándar* (Enders, 286):

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t \quad 2.30)$$

Donde:  $A_0 = B^{-1}\Gamma_0$ ,  $A_1 = B^{-1}\Gamma_1$ , y  $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$ .

Si se desagrega el sistema 2.30) para separar las variables  $y_t$  y  $z_t$ , se observa que:

$$y_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t}$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t}$$

A diferencia de la representación primitiva 2.28), la forma estándar del modelo VAR expresa a las variables dependientes contemporáneas únicamente en función de realizaciones pasadas, de variables explicativas con coeficientes premultiplicados por la matriz  $B^{-1}$ , resultando en un sistema que se puede estimar sin problemas de correlación entre los términos de error y las variables a explicar.

En general, un VAR de  $n$  ecuaciones se expresa como sigue (Enders, 303):

$$\begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \\ \vdots \\ x_{nt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{10} \\ A_{20} \\ \vdots \\ A_{n0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{11}(L) & A_{12}(L) & \dots & A_{1n}(L) \\ A_{21}(L) & A_{22}(L) & \dots & A_{2n}(L) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_{n1}(L) & A_{n2}(L) & \dots & A_{nn}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1t-1} \\ x_{2t-1} \\ \vdots \\ x_{nt-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ \vdots \\ e_{nt} \end{bmatrix}$$

Donde  $A_{i0}$  son los parámetros de intercepto para cada ecuación, y  $A_{ij}(L)$  de manera individual representan los coeficientes  $a_{ij}(1), a_{ij}(2), \dots$ , que son los polinomios en el operador de rezagos  $L$ <sup>36</sup>.

Por otra parte, los términos de error en 2.30)  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$  son estacionarios al tener medias y varianzas constantes, y al no estar serialmente correlacionados al contener los ruidos blancos  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  (Enders, 286). Las innovaciones  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$  se obtienen al premultiplicar el vector  $\varepsilon_t$  en el modelo VAR estándar por la matriz  $B^{-1}$ :

$$e_t = B^{-1}\varepsilon_t = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Donde<sup>37</sup>:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}$$

Así, el término de error de un modelo VAR estándar bivariados es:

$$e_t = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Y de manera individual, la expresión resultante de cada error es:

$$\begin{aligned} e_{1t} &= (\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})/(1 - b_{12}b_{21}) \\ e_{2t} &= (\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt})/(1 - b_{12}b_{21}) \end{aligned} \quad 2.31)$$

A través de las ecuaciones 2.31) se pueden obtener las principales medidas de tendencia central y dispersión de los errores  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$ . Las medias de los términos de error son:

$$E(e_{1t}) = E(e_{2t}) = 0$$

Sus varianzas:

$$\begin{aligned} E(e_{1t})^2 &= E[(\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})/(1 - b_{12}b_{21})]^2 \\ &= (\sigma_y^2 - b_{12}^2\sigma_z^2)/(1 - b_{12}b_{21})^2 \end{aligned}$$

<sup>36</sup> En el apartado 2.2.3 del presente capítulo se agregó una nota donde se describen las propiedades de los rezagos de operación.

<sup>37</sup> La inversa de una matriz es:  $B^{-1} = \frac{1}{|\beta|}adj(\beta)$ , donde  $|\beta|$  es el determinante de la matriz  $\beta$ , y  $adj(\beta)$  es su matriz adjunta, que resulta de la matriz transpuesta de la matriz de cofactores  $cof(\beta)$ . En el caso de una matriz de dimensión 2x2, la matriz adjunta implica cambiar el signo de la diagonal secundaria de la matriz.

$$E(e_{2t})^2 = (\sigma_z^2 - b_{21}^2 \sigma_y^2) / (1 - b_{12} b_{21})^2$$

Las autocorrelaciones son:

$$E(e_{1t} e_{1t-i}) = E[(\varepsilon_{yt} - b_{12} \varepsilon_{zt})(\varepsilon_{yt-i} - b_{12} \varepsilon_{zt-i})] / (1 - b_{12} b_{21})^2 = 0 \quad \text{para } i \neq 0$$

$$E(e_{2t} e_{2t-i}) = E[(\varepsilon_{zt} - b_{21} \varepsilon_{yt})(\varepsilon_{zt-i} - b_{21} \varepsilon_{yt-i})] / (1 - b_{12} b_{21})^2 = 0 \quad \text{para } i \neq 0$$

La covarianza entre  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$  es:

$$\begin{aligned} E(e_{1t} e_{2t}) &= E[(\varepsilon_{yt} - b_{12} \varepsilon_{zt})(\varepsilon_{zt} - b_{21} \varepsilon_{yt})] / (1 - b_{12} b_{21})^2 \\ &= -(b_{21} \sigma_y^2 + b_{12} \sigma_z^2) / (1 - b_{12} b_{21})^2 \end{aligned}$$

La covarianza será diferente de cero, excepto en el caso especial donde  $b_{12} = b_{21} = 0$ .

Definiendo la matriz de varianza-covarianza de los shocks  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$ :

$$\Sigma = E \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1t} & e_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{var}(e_{1t}) & \text{cov}(e_{1t}, e_{2t}) \\ \text{cov}(e_{1t}, e_{2t}) & \text{var}(e_{2t}) \end{bmatrix}$$

Donde se obtiene una matriz de términos constantes, con todos sus elementos independientes.

### 2.9.1 Estabilidad y estacionariedad en un VAR

Un modelo VAR debe de cumplir con condiciones de estacionariedad y estabilidad para su buena estimación. Para obtener estas condiciones se hace una iteración hacia atrás para encontrar la solución de estabilidad, y posteriormente las condiciones de estacionariedad.

Partiendo de la forma estándar del modelo VAR bivariado, se sustituye el componente  $x_{t-1}$ , como en la primera sección del presente capítulo:

$$\begin{aligned} x_t &= A_0 + A_1(A_0 + A_1 x_{t-2} + e_{t-1}) + e_t \\ &= (I + A_1)A_0 + A_1^2 x_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t \end{aligned}$$

Donde  $I$  es una matriz identidad de dimensión 2x2.

Iterando  $n$  periodos hacia atrás, se llega a la siguiente expresión:

$$x_t = (I + A_0 + \dots + A_1^n)A_0 + \sum_{i=0}^n A_1^i e_{t-i} + A_1^{n+1} x_{t-n-1}$$

La condición de estabilidad es similar a la de un modelo univariante antes visto: requiere que a medida que  $n$  tiende al infinito, el término  $A_1^n$  sea cero (Enders, 287), lo cual se relaciona a la idea de raíz unitaria. Si esta condición se cumple, la expresión anterior se convertirá en la solución subyacente del sistema:

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-i} \quad (2.32)$$

Donde  $\mu = [\bar{y} \ \bar{z}]$ , un vector constante compuesto de las medias incondicionales de  $y_t$  y  $z_t$ . Estas medias incondicionales son (Enders, 287):

$$\bar{y} = \frac{a_{10}(1 - a_{22}) + a_{21}a_{20}}{(1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}}$$

$$\bar{z} = \frac{a_{20}(1 - a_{11}) + a_{21}a_{10}}{(1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}}$$

La solución particular se compone de un vector constante  $\mu$ , una matriz de términos constantes  $A_1^i$  (si  $i = 0$ , se tiene una matriz identidad), y una secuencia  $e_{t-i}$  con media cero y una matriz de covarianza definida y positiva, indicando que el modelo es lineal (Tsay, 6).

Si el VAR cumple con las condiciones de estacionariedad, tendrá media y covarianza constante (Tsay, 5). La media de  $x_t$  se obtiene al tomar el valor esperado de la solución subyacente 2.32):

$$E(x_t) = E(\mu) + E\left[\sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-i}\right] = \mu$$

Por otra parte, la covarianza se obtiene de la siguiente forma:

$$E(x_t - \mu)^2 = E\left[\sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-i}\right]^2$$

Donde se sabe que  $E(e_t)^2 = \Sigma$ , y dado que  $E(e_t e_{t-l}) = 0$  para todo  $l \neq 0$  (Enders, 288):

$$E(x_t - \mu)^2 = (I + A_1^2 + A_1^4 + A_1^6 + \dots)\Sigma$$

$$= [I - A_1^2]^{-1}\Sigma$$

Si se mantiene la condición de estabilidad, donde  $A_1^n$  tiende a cero a medida que  $n$  tiende a infinito, las secuencias  $[y_t]$  y  $[z_t]$  serán estacionarias: con media y varianzas finitas e independientes del tiempo.

### 2.10 Efecto de innovaciones: función impulso-respuesta

Para conocer el efecto que tienen las innovaciones, o términos de error, sobre las variables en el sistema, se reescribe el vector autoregresivo como un vector de media móvil, un VMA. Ejemplo de un VMA es la solución particular 2.32) de un modelo VAR bivariante (Enders, 294), y se puede expresar así:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t-i} \\ e_{2t-i} \end{bmatrix}$$

Retomando las innovaciones 2.31) de la representación estándar de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Sustituyendo los errores en el periodo  $(t - i)$ , en el VMA se tiene (Enders, 295):

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix}$$

Simplificando el arreglo matricial con la matriz  $\phi$ , y los elementos  $\phi_{jk}(i)$ :

$$\phi_i = \frac{A_1^i}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}$$

Resulta en la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \quad 2.33)$$

La expresión 2.33) relaciona el comportamiento de las variables contemporáneas  $y_t$  y  $z_t$  exclusivamente con el comportamiento de los términos  $\varepsilon_{yt-i}$  y  $\varepsilon_{zt-i}$  a través del conjunto de coeficientes  $\phi_{11}(i)$ ,  $\phi_{12}(i)$ ,  $\phi_{21}(i)$  y  $\phi_{22}(i)$ , que son las *funciones de impulso respuesta*.

Para observar mejor el efecto de los términos  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  sobre las variables  $y_t$  y  $z_t$ , suponemos para simplificar que no hay rezagos en los disturbios  $\varepsilon_t$ , de tal manera que  $i = 0$ . Se tiene:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11}(0) & \phi_{12}(0) \\ \phi_{21}(0) & \phi_{22}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11}(0)\varepsilon_{yt} & \phi_{12}(0)\varepsilon_{zt} \\ \phi_{21}(0)\varepsilon_{yt} & \phi_{22}(0)\varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Los coeficientes  $\phi_{11}$  y  $\phi_{12}$  indican, respectivamente, el efecto contemporáneo que los términos  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  tienen sobre la variable  $y_t$ . De la misma manera, los coeficientes  $\phi_{21}$  y  $\phi_{22}$  indican, respectivamente, el efecto contemporáneo que los términos  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  tienen sobre la variable  $z_t$ . Si  $i = 1$ , se mostraría el efecto en un periodo anterior:  $\varepsilon_{yt-1}$  y  $\varepsilon_{zt-1}$  sobre la variable en cuestión.

Para conocer el efecto de los shocks contemporáneos en un periodo posterior sobre las variables  $y_t$  y  $z_t$ , se actualiza el modelo un periodo y se observa el efecto cuando  $i = 1$ .

Si las secuencias  $y_t$  y  $z_t$  son estacionarias, el efecto acumulado del término de error,  $\sum_{i=0}^n \phi_{jk}(i)$ , no será permanente, y convergirá a cero a medida que  $i$  se hace más grande (Enders, 295).

Sin embargo, los coeficientes  $\phi_{jk}(i)$  están conformados por los coeficientes estimados del VAR, los cuales son imprecisos, afectando así la exactitud de las funciones impulso-respuesta, lo que lleva a la construcción de intervalos de confianza (Enders, 299).

En un ejemplo sencillo se estima un proceso AR (1) (Enders, 299):

$$y_t = 0.6y_{t-1} + \varepsilon_t$$

La función impulso respuesta es  $\phi(i) = (0.6)^i$ , mostrando un efecto finito del término  $\varepsilon_t$  sobre  $y_t$  a medida que  $i$  se hace más grande. Con un estadístico  $t$  significativo de 4.00, y un coeficiente normalmente distribuido, la desviación estándar es 0.15 ( $=0.60/4.00$ ): considerando un grado de confianza del 95%, es decir, dos desviaciones estándar, el verdadero valor del efecto temporal de la función impulso respuesta sobre la secuencia  $[y_t]$  se sitúa en el rango  $[\phi(i) = (0.3)^i, \phi(i) = (0.9)^i]$ .

### 2.10.1 Descomposición de la varianza

La descomposición de la varianza analiza el efecto sobre una variable, por ejemplo  $y_t$ , por shocks de sí misma y shocks de otra variable,  $z_t$ , a través de los términos de error. El desarrollo de la descomposición supone que, en el VAR en forma estándar, los valores de  $A_0$  y  $A_1$  son conocidos, y que la estimación del valor de  $x_{t+1}$  está condicionada al valor observado de  $x_t$  (Enders, 301). Actualizando el modelo VAR 2.30) en un periodo:

$$x_{t+1} = A_0 + A_1x_t + e_{t+1}$$

Su valor esperado es:

$$E_t(x_{t+1}) = A_0 + A_1x_t$$

Se puede deducir que el error del pronóstico en el periodo  $(t + 1)$  es:

$$x_{t+1} - E_t(x_{t+1}) = e_{t+1}$$

Para el periodo  $(t + 2)$  se usa el método de iteración:

$$\begin{aligned} x_{t+2} &= A_0 + A_1x_{t+1} + e_{t+2} \\ &= A_0 + A_1(A_0 + A_1x_t + e_{t+1}) + e_{t+2} \end{aligned}$$

Su valor esperado es:

$$E_t(x_{t+2}) = (I + A_1)A_0 + A_1^2x_t$$



Por lo cual, el error de pronóstico en el periodo  $(t + 2)$  es  $A_1 e_{t+1} + e_{t+2}$ .

Siguiendo el mismo proceso, para el periodo  $(t + n)$ , el pronóstico es:

$$E_t(x_{t+n}) = (I + A_1 + A_1^2 + \dots + A_1^{n-1})A_0 + A_1^n x_t$$

Y el error en  $(t + n)$  es:

$$x_{t+n} - E_t(x_{t+n}) = e_{t+n} + A_1 e_{t+n-1} + A_1^2 e_{t+n-2} + \dots + A_1^{n-1} e_{t+1}$$

Considerando la solución particular 2.32) del VAR bivalente, se puede expresar el error del pronóstico en términos de la secuencia  $[\varepsilon_t]$  (Enders, 301). Así, para el periodo  $(t + n)$ :

$$x_{t+n} = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \phi_i \varepsilon_{t+n-i}$$

Y el error de pronóstico asociado es:

$$x_{t+n} - E_t(x_{t+n}) = \sum_{i=0}^{n-1} \phi_i \varepsilon_{t+n-i}$$

Observando sólo el efecto que se tiene sobre la secuencia  $[y_t]$ , el error de pronóstico en  $(t + n)$  es:

$$\begin{aligned} y_{t+n} - E_t y_{t+n} &= \phi_{11}(0) \varepsilon_{yt+n} + \phi_{11}(1) \varepsilon_{yt+n-1} + \dots + \phi_{11}(n-1) \varepsilon_{yt+1} \\ &+ \phi_{12}(0) \varepsilon_{zt+n} + \phi_{12}(1) \varepsilon_{zt+n-1} + \dots + \phi_{12}(n-1) \varepsilon_{zt+1} \end{aligned}$$

La varianza del error de  $y_{t+n}$ ,  $\sigma_y(n)^2$ , es:

$$\begin{aligned} \sigma_y(n)^2 &= \sigma_y^2 [\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \dots + \phi_{11}(n-1)^2] \\ &+ \sigma_z^2 [\phi_{12}(0)^2 + \phi_{12}(1)^2 + \dots + \phi_{12}(n-1)^2] \end{aligned}$$

Esta varianza se puede *descomponer* en los shocks provocados por la secuencia  $[\varepsilon_{yt}]$  y los provocados por la secuencia  $[\varepsilon_{zt}]$ , como se muestra a continuación (Enders, 302):

$$\begin{aligned} &\frac{\sigma_y^2 [\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \dots + \phi_{11}(n-1)^2]}{\sigma_y(n)^2} \\ &\frac{\sigma_z^2 [\phi_{12}(0)^2 + \phi_{12}(1)^2 + \dots + \phi_{12}(n-1)^2]}{\sigma_y(n)^2} \end{aligned} \quad 2.34)$$

La descomposición de la varianza del error del pronóstico indica la proporción de los movimientos en una variable provocados, por una parte, por sus propios shocks, y, por otra parte, por los shocks de otra variable. Si los shocks de  $\varepsilon_{zt}$  no explican la varianza del

error de  $[y_t]$  en todo el horizonte de predicción,  $[y_t]$  es exógena. Si los shocks de  $\varepsilon_{zt}$  explican toda la varianza del error del pronóstico en la secuencia  $[y_t]$  en todo el horizonte de predicción,  $[y_t]$  sería endógena (Enders, 302).

### 2.11 Causalidad de Granger

La causalidad de Granger no sólo se enfoca en el pronóstico, sino en la precisión del mismo:  $[z_t]$  causa, bajo la estructura de Granger, a  $[y_t]$  si el pronóstico bivariado para  $[y_t]$  es más preciso que su pronóstico univariado, es decir, si la información pasada de  $[z_t]$  mejora el pronóstico de  $[y_t]$  (Tsay, 29).

Si todas las variables dentro de un sistema VAR son estacionarias, la causalidad de Granger se puede probar a través del estadístico  $F$  bajo la siguiente restricción en un VAR estándar:

$$a_{12}(1) = a_{12}(2) = a_{12}(3) = \dots = a_{12}(p) = 0$$

La variable  $z_t$  no tendrá causalidad de Granger sobre la variable  $y_t$  (hipótesis nula) si se cumple la restricción anterior, en donde todos los coeficientes en conjunto son iguales a cero. En el caso general de un VAR de  $n$  variables, donde  $A_{ij}(L)$  representa los coeficientes de los valores rezagados de la variable  $j$  sobre la variable  $i$ , la variable  $j$  no tiene causalidad de Granger sobre la variable  $i$  si todos los coeficientes del polinomio  $A_{ij}(L)$  pueden ser en conjunto igual a cero (Enders, 306).

Para el caso de un VAR general multivariable, la prueba de causalidad de Granger se llama *causalidad en bloque*. El punto es determinar si los rezagos de una variable, como  $w_t$ , pueden causar en términos de Granger a cualquier otra de las variables en el sistema, tanto  $y_t$  como  $z_t$  (Enders, 306).

### 2.12 Cointegración y Vector de Corrección del Error

Cuando se analizaban las regresiones espurias, se entendía que las variables se integraban bajo el mismo orden y no eran estacionarias, como sus residuos. Pero existe un caso especial, cuando las secuencias  $[y_t]$  y  $[z_t]$  integradas con el mismo orden no son estacionarias, pero su secuencia residual sí es estacionaria: en este escenario, las secuencias  $y_t$  y  $z_t$  están cointegradas: se pueden tener variables no estacionarias, pero su combinación *lineal* es estacionaria (Enders: 199, 345).

El análisis de cointegración se puede ejemplificar con un conjunto de variables que sostienen una relación de equilibrio de largo plazo (Enders, 346):

$$\beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt} = 0$$

Donde  $\beta$  es el vector de cointegración  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  y  $x$  es el vector  $(x_1, x_2, \dots, x_n)'$ . El sistema estará en equilibrio cuando  $\beta x_t = 0$ , por lo que la desviación del equilibrio de largo plazo, es decir, el error de equilibrio, es:

$$e_t = \beta x_t$$

Si el equilibrio es significativo, el proceso del error del equilibrio es estacionario. El equilibrio se entiende como la relación de largo plazo entre variables no estacionarias, la cual, en la estructura de Engel y Granger, puede ser causal, de comportamiento, o simplemente una forma reducida de la relación entre variables de tendencia similar (Enders, 346).

Si cada una de las secuencias de  $x$  son  $I(d)$ , es decir, que necesitaron diferenciarse  $d$  veces para ser estacionarias, la combinación lineal del conjunto  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  también es  $I(d)$ . Pero si la combinación lineal del conjunto  $x$  tiene un orden de integración menor, sea  $I(d - b)$ , el conjunto de las series están cointegradas en el orden  $(d, b)$  o  $CI(d, b)$  (Chatfield, 223).

Para ejemplificar lo anterior, se tiene la combinación lineal de un modelo bivariado  $(x_{1t} - \beta_2 x_{2t})$  estacionaria, con variables  $x_{1t}$  y  $x_{2t}$   $I(1)$  y el error de equilibrio es estacionario tal que  $d = b = 1$ , se tienen series  $x_t \sim CI(1, 1)$ , con un vector de cointegración  $\beta = (1, -\beta)$ .

### **Vector de Corrección del Error**

El vector de corrección del error parte de la idea de desviación en una relación equilibrio de largo plazo entre variables. En el corto plazo, una desviación del equilibrio tiene influencia sobre las variables del sistema, ya que existe la tendencia a regresar sobre el equilibrio de largo plazo (Enders, 353).

Un modelo simple de corrección del error asume dos variables  $I(1)$ . Sea  $x_{ct}$  y  $x_{lt}$  las variables de corto y largo plazo, respectivamente. Se tiene:

$$\begin{aligned} \Delta x_{ct} &= \alpha_S(x_{lt-1} - \beta x_{ct-1}) + \varepsilon_{ct} & \alpha_S > 0 \\ \Delta x_{lt} &= -\alpha_L(x_{lt-1} - \beta x_{ct-1}) + \varepsilon_{lt} & \alpha_L > 0 \end{aligned} \quad 2.35$$

Donde  $\varepsilon_{St}$  y  $\varepsilon_{Lt}$  son términos de ruido blanco que pueden estar correlacionados; la combinación lineal  $(x_{lt-1} - \beta x_{ct-1})$  es la corrección de error en la estructura de largo plazo; y los términos  $\alpha_S$  y  $\alpha_L$  son los parámetros de ajuste de velocidad, que miden la respuesta de la variable  $x_{it}$  respecto a la brecha de la corrección del error (Enders, 354).

Si dicha brecha es positiva, indicando que la variable de largo plazo es mayor que la ponderación de corto plazo, la variable de corto plazo,  $x_{ct}$ , tendrá un cambio positivo en la proporción  $\alpha_S$ ; contrario a la variable de largo plazo,  $x_{lt}$ , que disminuirá en la proporción  $\alpha_L$ : estas variaciones contrarias que se deben a la corrección del error y al signo diferente en los parámetros de ajuste de velocidad, suponen un equilibrio de largo plazo entre ambas variables. El equilibrio a largo plazo es alcanzado cuando  $x_{lt-1} = \beta x_{ct-1}$ , así que el cambio esperado en cada variable es cero (Enders, 353).

El punto esencial en la corrección del error es el vector de cointegración  $(1, -\beta)$ , el cual necesita el nivel de cointegración  $x_{it} \sim CI(1, 1)$ . Por un lado, dado que  $\Delta x_{it}$  es

estacionario, al igual que los términos  $\varepsilon_{it}$ , se sigue que la combinación lineal  $(x_{lt-1} - \beta x_{ct-1})$  también lo es (Enders, 353).

El modelo más general se representa como sigue:

$$\Delta r_{St} = a_{10} + \alpha_S(r_{Lt-1} - \beta r_{St-1}) + \sum a_{11}(i)\Delta r_{St-i} + \sum a_{12}(i)\Delta r_{Lt-i} + \varepsilon_{St}$$

$$\Delta r_{Lt} = a_{20} - \alpha_L(r_{Lt-1} - \beta r_{St-1}) + \sum a_{21}(i)\Delta r_{St-i} + \sum a_{22}(i)\Delta r_{Lt-i} + \varepsilon_{Lt}$$

### 2.13 Metodología Engle-Granger: orden de cointegración

La metodología de Engle-Granger trata de determinar si dos variables tienen un orden de cointegración  $CI(1, 1)$ ; si los residuos son estacionarios para estimar un modelo adecuado. Los pasos para ello son los siguientes (Enders, 360-364):

*Paso 1.* Conocer el orden de integración de las variables. Existen tres posibilidades: a) las variables son estacionarias, implicando que la estimación del modelo es como en secciones pasadas, b) las variables tienen un orden de integración diferente, implicando que no existe cointegración entre ellas, y c) las variables tienen un orden de integración  $I(1)$ .

*Paso 2.* Si las variables son  $I(1)$ , se estima la relación de equilibrio de largo plazo bajo la forma:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + e_t$$

Para saber si las variables están cointegradas se analiza la desviación del equilibrio, es decir, los residuos denotados como  $[\hat{e}_t]$ . Si dichos residuos estimados son estacionarios, las secuencias  $[y_t]$  y  $[z_t]$  son  $CI(1, 1)$ . La estacionariedad de los residuos se puede conocer con la prueba Dickey-Fuller de raíces unitarias, bajo la hipótesis nula  $a_1 = 0$  de la siguiente ecuación:

$$\Delta \hat{e}_t = a_1 \hat{e}_{t-1} + \varepsilon_t$$

Si la secuencia  $[\varepsilon_t]$  presenta correlación serial, se puede estimar la siguiente autoregresión de los residuos, bajo la misma hipótesis:

$$\Delta \hat{e}_t = a_1 \hat{e}_{t-1} + \sum_{i=1}^n a_{i+1} \Delta \hat{e}_{t-i} + \varepsilon_t$$

*Paso 3.* Con variables cointegradas, los residuos de la regresión se utilizan para estimar el modelo de corrección del error, como el siguiente:

$$\Delta y_t = a_1 + \alpha_y(y_{t-1} - \beta_1 z_{t-1}) + \sum a_{11}(i)\Delta y_{t-i} + \sum a_{12}(i)\Delta z_{t-i} + \varepsilon_{yt}$$

$$\Delta z_t = a_2 + \alpha_z(y_{t-1} - \beta_1 z_{t-1}) + \sum a_{21}(i)\Delta y_{t-i} + \sum a_{22}(i)\Delta z_{t-i} + \varepsilon_{zt}$$

Donde  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  son disturbios del tipo ruido blanco, que pueden estar correlacionados;  $\beta_1$  es el parámetro de cointegración.

Dado que los residuos  $\hat{e}_{t-1}$  representan la desviación del equilibrio de largo plazo en el periodo  $(t - 1)$ , se puede sustituir por la brecha  $(y_{t-1} - \beta_1 z_{t-1})$ :

$$\Delta y_t = a_1 + \alpha_y \hat{e}_{t-1} + \sum a_{11}(i)\Delta y_{t-i} + \sum a_{12}(i)\Delta z_{t-i} + \varepsilon_{yt}$$

$$\Delta z_t = a_2 + \alpha_z \hat{e}_{t-1} + \sum a_{21}(i)\Delta y_{t-i} + \sum a_{22}(i)\Delta z_{t-i} + \varepsilon_{zt}$$

Las ecuaciones anteriores constituyen un VAR en primeras diferencias.

*Paso 4.* Evaluar la adecuación del modelo.

- i. Evaluar si los residuos se aproximan a un ruido blanco.
- ii. Revisar si existe correlación serial: se puede eliminar aumentando la extensión de rezagos.
- iii. Considerar los coeficientes de velocidad de ajuste: al menos uno debe ser diferente de cero para asegurar una tendencia al equilibrio.
- iv. Analizar las innovaciones  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$ .
- v. Analizar las funciones impulso respuesta y la descomposición de la varianza.

## 2.14 Metodología Johansen: rango de la matriz del vector de autocorrección

La metodología de Johansen es una generalización multivariada de la prueba Dickey-Fuller (Enders, 374), buscando determinar el rango de la matriz  $\pi$ . Ejemplificando con el siguiente modelo VAR:

$$x_t = A_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

Siguiendo con el procedimiento para la prueba Dickey Fuller, se resta de ambos lados de la ecuación el componente  $x_{t-1}$ , obteniendo:

$$\Delta x_t = \pi x_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde  $\pi = (A_1 - I)$ , un vector de autocorrección;  $x_t$  y  $\varepsilon_t$  son vectores  $(n \cdot 1)$ ;  $A_1$  es una matriz  $(n \cdot n)$  de parámetros;  $I$  es una matriz identidad  $(n \cdot n)$ .

La representación del modelo VAR de  $n$  variables de orden 1 sin intercepto ni tendencia es:

$$\Delta x_{1t} = \pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta x_{2t} = \pi_{21}x_{1t-1} + \pi_{22}x_{2t-1} + \dots + \pi_{2n}x_{nt-1} + \varepsilon_{2t}$$

⋮

$$\Delta x_{nt} = \pi_{n1}x_{1t-1} + \pi_{n2}x_{2t-1} + \dots + \pi_{nn}x_{nt-1} + \varepsilon_{nt}$$

De forma reducida:

$$\Delta x_{it} = \pi_{ij}x_{jt-1} + \varepsilon_{it}$$

Donde:

$$x_{it} = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})'$$

$$x_{jt-1} = (x_{1t-1}, x_{2t-1}, \dots, x_{nt-1})$$

$$\pi = \begin{bmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \dots & \pi_{1n} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \dots & \pi_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \dots & \pi_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \dots, \varepsilon_{nt})'$$

Considerando un VAR con un término de intercepto, y suponiendo un rango  $(\pi) = 1$  las columnas  $\pi$  pueden diferir por un escalar, por lo que se tiene:

$$\Delta x_{1t} = a_{10} + s_1(\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta x_{2t} = a_{20} + s_2(\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + \varepsilon_{2t}$$

⋮

$$\Delta x_{nt} = a_{n0} + s_n(\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + \varepsilon_{nt}$$

Donde  $s_i$  son escalares, tales que  $s_i\pi_{1j} = \pi_{ij}$ .

Si las variables están cointegradas, el intercepto debe restringirse de manera que  $a_{i0} = s_i a_{10}$  (Enders, 376), incluyendo el intercepto en el vector de cointegración eliminando la tendencia lineal del sistema:

$$\Delta x_{1t} = s_1(a_{10} + \pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta x_{2t} = s_2(a_{10} + \pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + \varepsilon_{2t}$$

⋮

$$\Delta x_{nt} = s_n(a_{10} + \pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + \varepsilon_{nt}$$

Donde la matriz  $\pi$  es:

$$= \begin{bmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \dots & \pi_{1n} & a_{10} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \dots & \pi_{2n} & a_{20} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \dots & \pi_{nn} & a_{n0} \end{bmatrix}$$

El caso de un modelo con una deriva, en el cual no se puede identificar la presencia del intercepto en el vector de cointegración, existe una parte no restringida de la deriva que se puede agregar dentro del vector de cointegración, de tal manera que (Enders, 377):

$$\begin{aligned}\Delta x_{1t} &= s_1(\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1} + b_{10}) + b_{11} + \varepsilon_{1t} \\ \Delta x_{2t} &= s_2(\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1} + b_{10}) + b_{11} + \varepsilon_{1t} \\ &\vdots \\ \Delta x_{nt} &= s_n(\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1} + b_{10}) + b_{n1} + \varepsilon_{nt}\end{aligned}$$

Donde  $b_{i1}$  es definido como el valor que satisface  $s_i b_{10} + b_{i1} = a_{i0}$ .

### 2.14.1 Metodología de Johansen: determinando el número vectores cointegrados

*Paso 1.* Se comprueba el orden de integración de las variables. Se debe de escoger el modelo que tenga los menores rezagos posibles bajo la siguiente idea (Enders, 389): se debe empezar con el rezago más grande razonable e ir revisando la posibilidad de acortar dicha extensión.

Para seleccionar el rezago  $p$  se pueden utilizar el Criterio de Akaike (AIC), el Criterio Bayesiano (SBC) y el Criterio de Hannan Quinn (HQC).

*Paso 2.* Estimar el modelo y determinar el rango de  $\pi$  (Enders, 390). El método de MCO no es apropiado, porque es necesario imponer restricciones a la matriz  $\pi$  en cualquier modelo visto en la sección pasada.

Una vez obtenido el modelo, se estima la desviación del equilibrio de largo plazo y se analizan los residuos de dicha ecuación.

Si expresamos un modelo de  $n$  variables  $x_t = (x_1, x_2, \dots, x_{nt})$ , se tiene (Enders, 354):

$$\Delta x_t = \pi x_{t-1} + \pi_1 \Delta x_{t-1} + \pi_2 \Delta x_{t-2} + \dots + \pi_p \Delta x_{t-p} + \varepsilon_t$$

De forma acotada:

$$\Delta x_t = \pi x_{t-1} + \sum_{i=1}^p \pi_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t$$

Donde  $\pi_i$  es una matriz de coeficientes ( $n \cdot n$ ) con los elementos  $\pi_{jk}(i)$ ;  $\pi$  es una matriz con los elementos  $\pi_{jk}$  donde uno o más de  $\pi_{jk} \neq 0$ ;  $\varepsilon_t$  es un vector ( $n \cdot 1$ ) con los elementos  $\varepsilon_{it}$ , que pueden estar correlacionados con  $\varepsilon_{jt}$ .

Siendo todas las variables  $x_t$  integradas de orden  $I(1)$ ,  $\pi$  es un vector de cointegración de las variables  $x_t$  (Enders, 354). Ahora, existiendo una representación de la corrección del error, existe una combinación lineal de dichas variables  $x_t$  que sea estacionaria. Resolviendo la ecuación anterior para el componente  $\pi x_{t-1}$ :

$$\pi x_{t-1} = \Delta x_t - \sum_{i=1}^p \pi_i \Delta x_{t-i} - \varepsilon_t$$

De esta manera, el término  $\pi x_{t-1}$  también es estacionario.

Si los residuos del equilibrio de largo plazo son estacionarios, se procede a estimar los valores de las raíces características del modelo para conocer el rango de  $\pi$ . Extendiendo la explicación del modelo anterior para ver su relación con la prueba ADF, se tiene (Enders, 377):

$$x_t = A_1 x_{t-1} + A_2 x_{t-2} + \dots + A_p x_{t-p} + \varepsilon_t$$

Donde  $x_t$  es el vector  $(x_1, x_2, \dots, x_{nt})'$ ;  $\varepsilon_t$  es un vector independiente e idénticamente distribuido de dimensión  $n$  con media cero y una matriz de varianza constante (Enders, 378).

Siguiendo los pasos de la prueba Dickey-Fuller, se agrega y sustrae  $A_p x_{t-p+1}$  del lado derecho de la igualdad para obtener:

$$x_t = A_1 x_{t-1} + A_2 x_{t-2} + A_3 x_{t-3} + \dots + A_{p-2} x_{t-p+2} + (A_{p-1} + A_p) x_{t-p+1} - A_p x_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Ahora, agregando y sustrayendo  $(A_{p-1} + A_p) x_{t-p+2}$

$$x_t = A_1 x_{t-1} + A_2 x_{t-2} + A_3 x_{t-3} + \dots + (A_{p-2} + A_{p-1} + A_p) x_{t-p+2} - (A_{p-1} + A_p) \Delta x_{t-p+2} - A_p \Delta x_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Siguiendo el mismo proceso, se tiene al final la siguiente expresión (Enders, 378):

$$\Delta x_t = \pi x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t$$

Donde  $\pi = -(I - \sum_{i=1}^p A_i)$ , y  $\pi_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$ .

El rango de la matriz  $\pi$  indica el número de vectores cointegrados independientes (Enders, 378). Si el rango es cero, el modelo VAR se estimará completamente en primeras diferencias. Si, en el otro extremo, el rango es  $n$ , el vector será estacionario. En un caso intermedio, existirán múltiples vectores de cointegración.

El número de vectores cointegrados se obtiene al conocer la significancia de las raíces características  $\lambda$  de la matriz  $\pi$ , siendo que deben diferir de cero (Enders, 378). Bajo la expresión  $\ln(1 - \lambda_i)$ , y sabiendo que  $\ln(1) = 0$ , se puede conocer la existencia de cointegración. Cuanto más se aproximen las raíces características a 1, más negativa será la expresión  $\ln(1 - \lambda_i)$  y las variables se considerarán cointegradas.



A partir de lo mencionado, se forman los siguientes estadísticos (Enders, 378):

$$\lambda_{traza}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$
$$\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

Donde  $\hat{\lambda}_i$  son los valores estimados de las raíces características obtenidos de la matriz  $\pi$  estimada;  $T$  el número de observaciones utilizables, y  $r$  representa a las raíces características.

El primer estadístico prueba la hipótesis nula de que el número de los distintos vectores de cointegración es menor o igual que  $r$ ; y el segundo estadístico prueba la hipótesis nula de que el número de vectores cointegrados es  $r$  frente a la hipótesis alternativa de que existen  $r + 1$  vectores cointegrados (Enders, 379). Los valores críticos de los estadísticos  $\lambda_{traza}$  y  $\lambda_{max}$  son obtenidos usando el enfoque de Monte Carlo.

*Paso 3.* Se analizan los vectores de cointegración normalizados y los coeficientes de velocidad de ajuste.

*Paso 4.* Se hacen las pruebas de las funciones impulso respuesta, la descomposición de la varianza y de causalidad sobre el modelo de error de corrección para identificar un modelo estructural y determinar si el modelo estimado es razonable.

## 2.15 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se mostraron métodos econométricos de series de tiempo, tanto de los modelos univariantes como los modelos VAR.

En los modelos univariantes se mostró que las series de tiempo deben de cumplir con las condiciones de estacionariedad para poder obtener estimaciones adecuadas y confiables. Para ello, se comprueba su estabilidad con las pruebas de raíces unitarias y estacionariedad a cada serie, y se procede a establecer un modelo ARMA a través de las FAC y FACP.

Cuando un modelo no es estable, se puede transformar la serie al diferenciarla y así obtener un modelo ARIMA; por otra parte, cuando el problema es una varianza inestable en el tiempo, se usan los modelos GARCH o ARCH que modelan la varianza de tal manera que se considere estacionaria.

En los modelos VAR las variables consideradas se explicaban de forma simétrica, de tal manera que se transformaba el modelo inicial para eliminar los problemas de correlación. Así mismo, en el modelo VAR estándar se estableció la importancia de los efectos de los términos de error, resultando en las funciones de impulso respuesta y descomposición de varianza.

Las condiciones de estacionariedad en las variables consideradas son importantes en los modelos VAR, pero es común que las variables económicas no sean estacionarias en sus niveles. Sin embargo, si en conjunto sostienen una relación lineal estacionaria, el modelo se puede conformar como un VEC, dada la cointegración de las variables.

Para el modelo de variables cointegradas se identifican características como el orden de cointegración de las variables y el rango de la matriz del vector de corrección por medio de las metodologías Engle-Granger y de Johansen, respectivamente, y en consecuencia se puede estimar el modelo.

En lo que concierne a la metodología del trabajo, se utilizarán los procesos ARIMA para los modelos univariantes, manejando la extensión de rezagos para tratar con los problemas de autocorrelación y la estructura ARCH o GARCH para tratar los problemas de heteroscedasticidad. Las estimaciones no serán afectadas en los casos de ausencia de normalidad en la distribución de los residuos, ya que se cuenta con muestras de datos lo suficientemente grandes, siguiendo así la ley de los grandes números y el teorema del límite central.

En los modelos multivariantes se utilizarán los VAR y VEC, siguiendo las pruebas necesarias de raíces unitarias, correlación serial y heteroscedasticidad. Para obtener los resultados que se buscan, se combinarán esencialmente las pruebas de causalidad de Granger con las funciones impulso-respuesta y descomposición de la varianza.

En los modelos univariantes y multivariantes se trabajará sólo con las series que cumplan con las condiciones de raíces unitarias y estacionariedad.

## Capítulo 3. Comportamiento activo de la banca comercial y la actividad económica

*En efecto, una diezmiltrillonésima de segundo  
después, como una flecha y maldiciendo  
a Zenón de Elea, llegó Aquiles.*

Augusto Monterroso  
La tortuga y Aquiles

La banca es una institución financiera cuya actividad tradicional es la otorgación de crédito, pero también puede invertir en el mercado de valores. Su relación con la economía puede encontrarse en el financiamiento al sector productivo (en general al sector privado no financiero). El crédito eficiente se dirige a los proyectos productivos, pero incluso puede ser parte importante en la estructuración de proyectos productivos cuando en un principio no lo son.

Sin embargo, la relación entre el crédito y los niveles de inversión, así como con el crecimiento económico depende de un conjunto de factores a considerar, como la proporción del crédito bancario dirigido al sector industrial, la proporción crédito a PIB, la tasa de interés, la concentración bancaria, el destino del crédito, etc.

Así mismo, el comportamiento bancario también está supeditado al contexto económico, por ejemplo, las crisis financieras, el comportamiento del tipo de cambio que puede influir sobre la inflación y la tasa de fondeo bancario, el comportamiento del mercado de capitales; variables que pueden influir en los niveles de crédito ofrecidos a una tasa de interés.

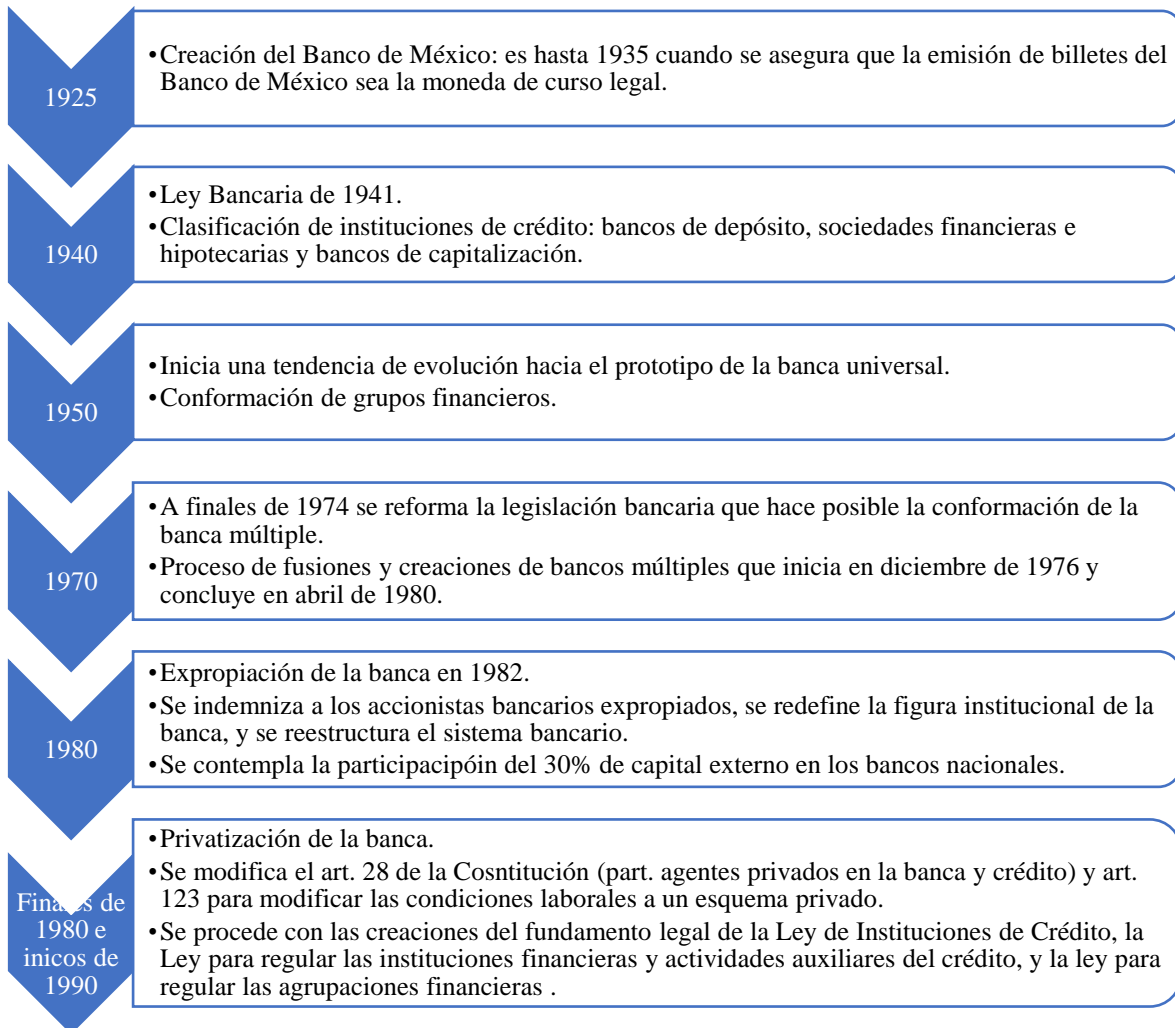
Debido a estas relaciones, el capítulo se divide en siete secciones. La primera sección da un breve recorrido histórico que encausa en la banca comercial de actual; la segunda se enfoca en el análisis univariante de las series que describen y se relacionan a la banca privada; en la tercera se aplica un modelo VAR de la TIIE, los ingresos por intereses de la banca, la inflación y el tipo de cambio; en la cuarta se conoce la relación del fondeo de las empresas e industrias por medio del mercado de capitales teniendo a la banca como impulsor de dicho mercado; en la quinta se analiza la relación entre el crédito bancario y el PIB real; en la sexta se expone el panorama general de la tecnología financiera en la banca, y en la última sección se presentan las conclusiones del capítulo.

### 3.1 La banca comercial en México

La banca comercial que se conoce hoy en México se denomina banca múltiple, y refiere a aquellas instituciones financieras que intermedian recursos monetarios entre agentes con exceso de liquidez y agentes o proyectos con necesidad de financiamiento, recursos que incluso se utilizan para inversiones propias de la banca, de acuerdo con la definición del glosario de términos de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

Como antecedente a la banca múltiple actual, se muestra una línea del tiempo con eventos de la banca mexicana a partir de la creación del Banco de México, en la figura 1:

Figura 1. Principales eventos relacionados a la banca comercial mexicana



Fuente: información obtenida de Carlos Tello (2007) y Eduardo Turrent (2007).

A partir de la información final de la figura 1, se menciona que la conformación de la banca múltiple en México tiene como antecedente más importante y cercano la reprivatización y extranjerización de la banca ocurrida a mediados de la década de 1990. La privatización que tuvo lugar a inicios del sexenio de Salinas de Gortari se completó en cuatro etapas (Turrent, 2007): 1) la constitución del Comité de desincorporación Bancaria, 2) recepción de solicitudes de privados para participar en el proceso y selección de los mismos, 3) estimación del valor de las instituciones, y 4) subasta de las instituciones al mejor postor.

Sin embargo, debido a factores económicos, tanto nacionales como internacionales, y del propio sector bancario recién privatizado, en 1994 el gobierno tuvo que intervenir para sanear al sector bancario que presentaba severos problemas financieros, por lo que se socializaron las hojas de balance bancarias. Aquí nació el Fobaproa.

Debido a la crisis ocurrida, la consolidación de la renovada banca se da con la absorción de los bancos más débiles por medio de fusiones y compras, donde los bancos extranjeros pasarían a tener un papel importante (Correa, 144).

Una vez saneadas las hojas de balance de los bancos intervenidos, el gobierno decidió reprivatizar y modificar la ley para permitir que capitales externos pudieran participar en el sector bancario mexicano. La transición a una banca privatizada y con participación extranjera tuvo lugar de enero de 1994 a diciembre de 1999, tiempo en que la participación de un banco extranjero pasó de 1.5% del mercado a 15% al final. Así mismo la participación de un banco filial pasó de 1.5 a 25% del mercado; y la participación accionaria de la banca extranjera en un banco local se amplió de 30% a 49% (Turrent, 2007). Por otra parte, la participación de capital externo en la banca era de sólo 5% en 1994, y aumentó a 52.4% en 1996.

A finales de 1998 las restricciones a la participación que subsistían se eliminaron por completo, y se aprobó la Ley de Protección del Ahorro Bancario, dando libertad a la entrada de capital externo al sistema bancario nacional (Correa, 146).

Actualmente, en el año 2017, son 48 bancos comerciales los que operan en México, y se pueden dividir en aquellos que tienen un enfoque universal y los que tienen un enfoque especializado o de nicho. Los primeros se caracterizan por tener una gama completa de operaciones y productos financieros, y los segundos son una figura reciente enfocada a mercados y productos específicos.

En México, la regulación bancaria permite que todos los bancos comerciales estén autorizados para realizar todas las actividades y servicios bancarios, sin distinguir entre tipo de banco ni nacionalidad de capital, de tal manera que los bancos comerciales en México se pueden clasificar en cuatro grupos (Warman, 2015: 18-19): los bancos grandes, en esencia el G7; los bancos medianos (tanto bancos grandes y como bancos medianos ofrecen servicios bancarios al menudeo y al mayoreo, y cuentan con una red amplia de sucursales bancarias); los bancos de inversión (instituciones subsidiarias de grandes grupos financieros del extranjero, que no cuentan con servicios al menudeo ni una red de sucursales; su actividad está orientada al comercio de valores y los créditos corporativos); y los bancos de consumo (que es su mayoría tuvieron origen a través de empresas comerciales).

Así mismo, el sector bancario comercial se puede clasificar de acuerdo al segmento de mercado en el que opera cada institución: banca corporativa y de mayoreo, banca comercial enfocada (captación y colocación), banca de menudeo en segmento alto, banca de servicios, banca dirigida a medios de pago electrónicos, y banca de menudeo en segmento bajo (Hernández, 2013: 122).

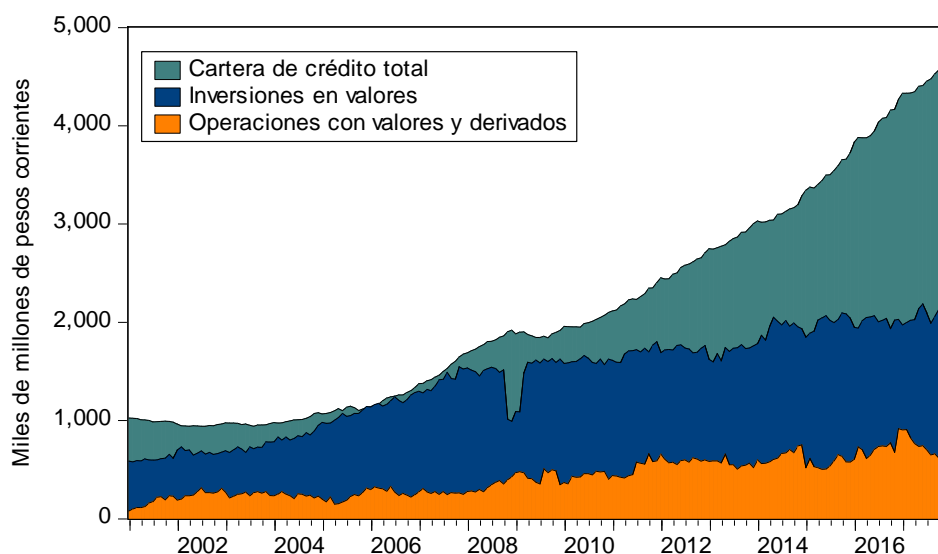
Es preciso destacar el papel que tiene la banca de consumo, o la banca de menudeo en segmento bajo, en términos de inclusión financiera. Una gran proporción de sus clientes

están relacionados históricamente con alguna actividad financiera de las empresas que le dieron origen a esta banca especializada: empresas de los sectores comerciales de electrodomésticos, ropa y comestibles (Solorza, 2008: 116-118): a decir, el objetivo de este sector de la banca es incorporar a sus servicios bancarios a la población de ingresos medios y bajos, con los cuales sostuvieron relaciones de financiamiento de corto plazo para financiar la adquisición de sus productos no financieros.

En continuación al estudio de la banca en México, los datos obtenidos para este trabajo refieren a la banca múltiple que considera a todas las instituciones bancarias privadas comerciales, independiente de su clasificación o segmento de mercado. En consecuencia, la conformación de las actividades de la nueva banca comercial puede describirse a través de sus resultados desde el año 2000. El comportamiento activo de la banca está constituido por todas aquellas actividades que le generan flujos de efectivo que tienen la doble cualidad de generar beneficios y para hacer frente a sus pasivos.

En el cuadro 3.1 se muestran las dos posiciones activas principales de la banca comercial en México, el crédito y sus actividades en el mercado de valores.

Gráfica 3.1. Posiciones activas de la banca privada en México  
Dic 2000 - Dic 2017



Fuente: elaboración propia con datos de Series Históricas de la CNBV.

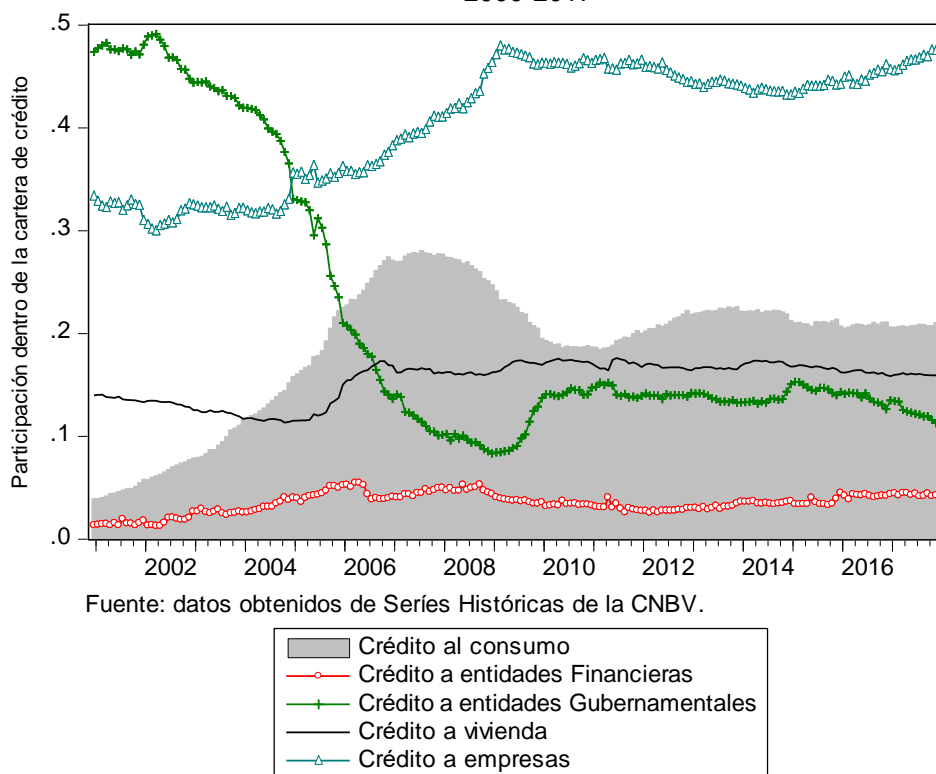
La temporalidad de las series mencionadas puede dividirse en dos periodos. El primero va del año 2000 al 2009: se observa que las actividades en el mercado de bursátil, en especial las inversiones en valores tuvieron un crecimiento relativamente mayor al crecimiento de la cartera de crédito total, pero debido a la crisis financiera mundial, a finales del año 2008 el valor de las inversiones bursátiles disminuye fuertemente, evento que medianamente se compensa a nivel de activos totales con el aumento del valor de la cartera de crédito: estos sucesos son las dos caras del mismo problema.

Después de superar los primeros efectos de la crisis, comienza un segundo periodo donde la actividad de la banca revierte el anterior crecimiento relativo en sus actividades: a partir del 2010 y hasta la actualidad, si bien la inversión en valores y las operaciones con valores y derivados muestran un, aunque contenido, crecimiento, la cartera de crédito ha estado creciendo a un ritmo descomunal, de manera que desde diciembre de 2009 a diciembre de 2017 se ha multiplicado por 2.41 veces, cuando la inversiones en valores lo han hecho en 1.33, y las operaciones con valores y derivados, aunque con niveles bajos, se ha multiplicado por 2.09 en el mismo periodo.

Cabe señalar que el aumento en la cartera de crédito total no refleja el comportamiento de la cartera vencida, ya que el índice de morosidad en promedio ha sido de 3.25% para el periodo considerado.

Para completar esta descripción introductoria, en la gráfica 3.2 se muestra la composición de la cartera de crédito vigente de acuerdo a los diferentes agregados de los productos del crédito que ofrece la banca comercial en México, donde destaca el crédito a las empresas que a finales del 2017 llegó a representar casi el 48% de la cartera de crédito, seguido por el crédito al consumo que representó el 20% de la cartera.

Gráfica 3.2. Composición de la cartera de crédito total  
2000-2017



### 3.2 Modelos univariantes

En general, las series de tiempo que expresan el comportamiento económico y financiero no son estacionarias, por lo que necesitan de una transformación, en especial la

diferenciación, para que muestren una solución estable. Por ello, es común que el análisis en series de tiempo sea un análisis en diferencias.

En la presente sección que corresponde al análisis univariante, se describen y modelan series bancarias a través de sus propios rezagos, así como series que se proponen se relacionan con el comportamiento de la banca comercial. Las series se analizan a partir de sus valores en nivel y sus valores transformados de acuerdo a las pruebas de raíces unitarias y estacionariedad; en secciones posteriores se analizarán los efectos e implicaciones del comportamiento de cada variable sobre el resto de las variables en los modelos multivariantes.

Por otra parte, debido que los datos obtenidos de la actividad bancaria están disponibles desde diciembre del año 2000 y se obtuvieron hasta diciembre de 2017, para homogeneizar los resultados todas las series en esta sección tienen esta misma delimitación temporal.

Las pruebas esenciales que indican el buen ajuste del modelo<sup>38</sup>, así como las hipótesis y la forma de aceptación o de rechazo, son las siguientes<sup>39</sup>:

#### *Correlación serial o autocorrelación*

Para la correlación serial se utilizan tres pruebas, las dos primeras se refieren al conjunto de la FAC y la FACP de los residuos, que, como se explicó en el capítulo pasado, dados los valores que resulten se puede ajustar el modelo. Como criterio para aceptar hipótesis nula de no correlación serial, las probabilidades asociadas en los correlogramas (gráfica de la FAC y la FACP) deben de ser mayores a 0.05.

La tercera prueba es de los multiplicadores de Langrange (LM test), la cual complementa los resultados obtenidos de la FAC y FACP. La hipótesis nula del LM tests indica la ausencia de correlación serial y se comprueba con el estadístico de Breusch-Godfrey, que es el estadístico del producto de las observaciones y  $R^2$ , que se asocia a una distribución de probabilidad Chi cuadrada.

#### *Heteroscedasticidad*

En el caso de que los residuos estimados del modelo presenten problemas de heteroscedasticidad, se aplica la estructura de un modelo ARCH o GARCH. Para saber si se está ante un proceso con problemas de heteroscedasticidad se utiliza la prueba ARCH cuya hipótesis nula es la inexistencia de un proceso ARCH, lo que indica

---

<sup>38</sup> En los resultados obtenidos de los modelos univariantes, además de las pruebas a mencionar, se asegura la presencia de raíces menores a la unidad, cumpliendo con la condición de invertibilidad.

<sup>39</sup> El programa a utilizar es Econometric Views, por lo que las pruebas que se consideran, si no se han explicado en el capítulo anterior, están referidas al manual de ayuda del mismo programa. Respecto a los resultados de la prueba F de significancia estadística conjunta se utilizó un aproximado en los modelos donde no se consideraba el intercepto, ya que Eviews no muestra esta prueba si el intercepto es omitido del modelo.



homocedasticidad en los residuos al cuadrado, y que se asocia a una distribución Chi cuadrada.

### *Normalidad*

El estadístico principal Jarque-Bera se asocia a la hipótesis nula de normalidad en los residuos. Sin embargo, cabe señalar que es difícil encontrar un modelo que se caracterice por tener residuos distribuidos de forma normal: empíricamente, y como se notará a lo largo de esta sección, si la serie en diferencias presenta una distribución de probabilidad no normal, los residuos del modelo ARIMA mejor ajustado tampoco serán normales.

La falta de normalidad en los residuos afecta la veracidad de las estimaciones, pero si se trabaja con una muestra lo suficientemente grande se puede considerar que los residuos del modelo se distribuyen de una forma casi normal (Ley de los grandes números y teorema del límite central). Sin embargo, en la literatura se encuentran autores que relajan los supuestos de normalidad cuando los residuos no alcanzan una distribución normal incluso al incrementar las observaciones o el número de rezagos<sup>40</sup>.

### *Sobre los criterios de aceptación o rechazo*

El principal indicador para saber si se rechaza o acepta la hipótesis nula es la probabilidad de cada estadístico de acuerdo a la distribución de probabilidad a la que se asocian. Si dicha probabilidad es menor a 0.05 indica que la probabilidad es lo suficientemente baja para aceptar la hipótesis nula, por lo que se rechaza. Si la probabilidad es mayor a 0.05, indica que la probabilidad es lo suficientemente alta para la ocurrencia de la hipótesis nula. Esto también será la referencia para otras pruebas aún no mencionadas en la presente sección, como las pruebas de raíces unitarias ADF y PP; para la prueba KPSS se sostiene que en un nivel de confianza del 95%, la serie es estacionaria si el estadístico es menor a 0.146, cuando la prueba sea con intercepto y tendencia, y menor a 0.463 cuando sólo se considere el intercepto.

### *Información de los datos seleccionados*

Las series de tiempo con las que se trabaja tienen periodicidad mensual (cuyos valores reales se ajustaron al INPC base 100 igual a la segunda quincena de diciembre de 2010), a excepción del PIB (valores reales base 2013=100) que es trimestral, y están ajustadas por estacionalidad. Las series son las siguientes:

- Cartera de crédito en términos reales de la banca comercial (ccr)
- Ingreso por intereses de la cartera de crédito en términos reales (iic)
- Inversiones en valores de la banca comercial (iv)
- Rendimiento de la TIIE a 30 días (tiie<sub>30</sub>)
- Tipo de cambio FIX promedio mensual (tc)

---

<sup>40</sup> Cuevas, V. (2008): Inflación crecimiento y política macroeconómica en Brasil y México: una investigación teórica empírica, *EconoQuantum*, vol. 4, núm. 2, pp. 35-78. Este autor cita a Johansen, mencionando que los residuales sólo no deben alejarse del supuesto de ruido blanco Gaussiano.

- Índice Nacional de Precios al Consumidor (inpc) e inflación (p)
- Índice de la Actividad Industrial (iai)
- Producto Interno Bruto a precios constantes (pib)
- Índice de Precios y Cotizaciones (ipc)

Las pruebas que antecederán al análisis univariante de raíces unitarias y estacionariedad se resumen en el cuadro 3.i. Como se puede apreciar, sólo la TIIE es  $I(0)$ , la cartera de crédito y el INPC son  $I(2)$ , y el resto de las variables son  $I(1)$ . Para las variables que son  $I(2)$ <sup>41</sup>, no se utilizó su segunda diferencia (o la primera diferencia de su logaritmo), sino que se optó por utilizar las tasas de crecimiento que transforma la serie de forma parecida a una diferenciación, lo que resultó en modelos con un buen ajuste.

Cuadro 3.i. Pruebas de raíces unitarias y estacionariedad

Serie <sup>a</sup>	Prueba <sup>b</sup>	Dickey-Fuller Aumentada			Philips-Perron			KPSS	
		Estadístico	P value		Estadístico	P value		Estadístico	
<i>ccr</i>	i y t	-3.465046	0.0460	*	-2.975545	0.1417		0.33474	
<i>d(ccr)</i>	i	-5.092294	0.0000	*	-12.55655	0.0000	*	0.887992	
<i>d(ccr)</i>	i	12.43172	0.0000	*	-102.0944	0.0000	*	0.09531	*
<i>iic</i>	i y t	-2.917074	0.1594		-3.79992	0.0184	*	0.084215	*
<i>d(iic)</i>	i y t	-4.908526	0.0004	*	-16.12717	0.0000	*	0.130736	*
<i>iv</i>	i y t	-2.637061	0.2644		-3.844225	0.0162	*	0.301485	
<i>d(iv)</i>	i	-10.06601	0.0000	*	-21.0058	0.0000	*	0.136275	*
<i>tc</i>	i y t	-1.9234	0.6386		-1.753901	0.7234		0.23361	
<i>d(tc)</i>	i	-11.47085	0.0000	*	-11.49007	0.0000	*	0.148035	*
<i>tiie<sub>30</sub></i>	i y t	-4.347759	0.0033	*	-4.500325	0.0019	*	0.126049	*
<i>inpc</i>	i y t	-0.003705	0.9960		0.182783	0.9978		0.321352	
<i>d(inpc)</i>	i	-10.38448	0.0328	*	-10.46659	0.0000	*	0.687382	
<i>p</i>	i	-10.87921	0.0000	*	-10.81274	0.0000	*	0.175955	*
<i>iai</i>	i y t	-2.538935	0.3092		-4.986248	0.0003	*	0.102216	*
<i>d(iai)</i>	i	-7.979115	0.0000	*	-29.51257	0.0000	*	0.053534	*
<i>pib</i>	i y t	-2.380422	0.3858		-5.650195	0.0001	*	0.139942	*
<i>d(pib)</i>	i	-6.690804	0.0000	*	-6.705837	0.0000	*	0.174443	*
<i>ipc</i>	i y t	-3.138787	0.1003		-2.66933	0.2506		0.157662	
<i>d(ipc)</i>	i	-13.00537	0.0000	*	-13.14486	0.0000	*	0.044426	*

<sup>a</sup> *d* implica la primera diferencia de la serie, *l* el logaritmo natural y el punto superior la tasa de crecimiento.

<sup>b</sup> Los términos son: i para el intercepto y t para la tendencia. Se utilizó el filtro Hodrick-Prescott para especificar la prueba.

El símbolo \* indica que la serie es  $I(0)$  o estacionaria al 5% de significancia.

Los rezagos utilizados para cada prueba fueron los recomendados por el criterio de Schwarz en ADF, y Newey-West Bandwidth para PP y KPSS.

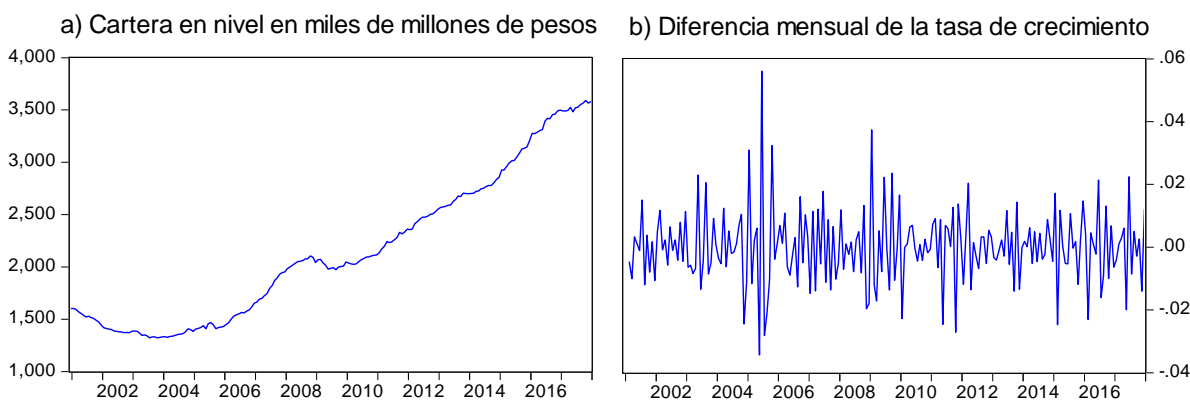
<sup>41</sup> Una serie  $I(2)$  implica que no puede cointegrar con otras variables, impidiendo un análisis de largo plazo multivariante.

### 3.2.1 Cartera de crédito de la banca múltiple

La primera variable a analizar a partir de sus rezagos es la cartera de crédito de la banca múltiple, la cual se define como los activos financieros derivados de operaciones de financiamiento hacia un tercero. Esta cartera de crédito se divide en la cartera vigente, que considera sólo los créditos que están al corriente de los pagos del monto e intereses, y en la cartera vencida, que incluye los créditos que no han sido pagados en los términos que se pactaron<sup>42</sup>.

El comportamiento desestacionalizado de la cartera de crédito en miles de millones de pesos constantes se muestra en la gráfica 3.3.a:

Gráficas 3.3. Cartera de crédito real



Fuente: elaboración propia con datos de Series Históricas de la CNBV.

En dicha gráfica, la tendencia de la cartera de crédito real es positiva, con una ligera caída a la mitad del periodo por el efecto internacional en 2008-2009 de la crisis financiera estadounidense. Si observamos el gráfico 3.3.b de la serie estacionaria, es decir, la primera diferencia de su tasa de crecimiento, los resultados son interesantes.

Las variaciones en puntos porcentuales mensuales de la cartera de crédito son mayores en el año 2005, después de la recuperación bancaria que conllevó el proceso de privatización y extranjerización a finales de la década pasada, que las variaciones debidas a la crisis financiera del 2008.

Llevando el análisis al campo no gráfico, en el cuadro 3.ii se muestran los principales estadísticos descriptivos de la serie original y su transformación.

<sup>42</sup> La cartera de crédito incluye intereses y comisiones cobradas.

Cuadro 3.ii. Estadísticos de la  
cartera de crédito

<i>Estadístico</i>	<i>ccr</i>	<i>d(ccr)</i>
<i>Media</i>	2,152.120	2.33E-05
<i>Mediana</i>	2,041.835	1.09E-4
<i>Máximo</i>	3,590.906	0.0560
<i>Mínimo</i>	1,321.645	-0.0343
<i>Desv. Est.</i>	698.888	0.0118
<i>Asimetría</i>	0.5635	0.5576
<i>Curtosis</i>	2.1460	5.5557
<i>Jarque-Bera</i>	17.0785	65.7363
<i>Probabilidad</i>	0.0001	0.0000
<i>Observaciones</i>	205	203

El valor máximo de la cartera de crédito real en el periodo considerado se alcanza en octubre de 2017 con \$3,590 miles de millones y en julio de 2003 se alcanza el mínimo de \$1,321 miles de millones: el relativo bajo crecimiento de la serie antes de la crisis se observa con una media de \$2,152 miles de millones, más cercana al valor mínimo que al valor máximo. La desviación estándar es de \$698 miles de millones.

La serie muestra una asimetría positiva que indica la persistencia de valores bajos en la cartera de crédito al inicio del periodo considerado, y con un estadístico de curtosis menor a 3 se confirma el mejor crecimiento después de este periodo de estancamiento, al significar una serie menos apuntalada que una distribución de probabilidad normal. Lo anterior implica, y se comprueba, la falta de normalidad de la serie.

Respecto al cambio porcentual del crecimiento mensual, el mayor y menor crecimiento se encuentran en el año 2005 en meses consecutivos (mayo-junio) en los datos de la serie de la diferencia de la tasa de crecimiento, gráfica 3.3.b. La desviación estándar de esta serie es de 0.0118 puntos porcentuales, mucho mayor a la media y la mediana, reflejando la gran variabilidad de la serie.

Dicha serie tiene una asimetría positiva y un apuntalamiento mayor a una distribución normal, indicando la mayor proporción de los crecimientos mensuales en relación a las disminuciones mostradas en conjunto. La serie transformada tampoco se distribuye de forma normal.

El modelo ARIMA de la variable  $d(ccr)$  que tiene el mejor ajuste de acuerdo a la prueba de correlación serial se realizó bajo una estructura GARCH (1, 1) para controlar el problema de heteroscedasticidad. El modelo final es el siguiente<sup>43</sup>:

<sup>43</sup> El valor entre paréntesis refiere al error estándar y entre corchetes el estadístico de significancia del parámetro.

$$d(c\grave{c}r) = -0.825397MA(1)$$

$$(0.046194)$$

$$[-17.86796]$$

$$R^2 = 0.431440$$

$$\hat{\epsilon}_t^2 = c + 0.180046\hat{\epsilon}_{t-1}^2 + 0.669191h_{t-1}$$

Se confirma la ausencia de correlación serial con probabilidades mayores a 0.05 en la función de autocorrelación. La prueba ARCH de heteroscedasticidad con la probabilidad Chi-cuadrada 0.2625 acepta la hipótesis nula de homocedasticidad en el modelo, lo que se coteja con probabilidades mayores a 0.05 en la función de autocorrelación parcial. Además, los residuos del modelo se distribuyen de manera normal, con un estadístico Jarque-Bera de 1.1634, cuya probabilidad asociada a la hipótesis nula de existencia de normalidad de 0.5589.

En los resultados del modelo se observa que la cartera de crédito real se ajusta a la media móvil de un periodo pasado, indicando que es explicada de forma negativa por variaciones aleatorias. La variación del MA(1) explica el 43.14% de la variación de la cartera de crédito.

La ecuación de la varianza del modelo ( $\hat{\epsilon}_t^2$ ) es de proceso estable, ya que el intercepto es mayor a cero, aunque muy pequeño, y la suma del coeficiente del autoregresivo del error al cuadrado y el coeficiente de su media móvil es menor a 1. Dado que el coeficiente de  $h_{t-1}$  es más grande que el coeficiente de  $\hat{\epsilon}_{t-1}^2$ , se identifica que la varianza del modelo para la cartera de crédito tiene una mayor persistencia autoregresiva en la varianza condicional del modelo, y responde en menor proporción a la nueva información del mercado.

### 3.2.2 Ingresos por intereses de cartera de crédito

El concepto de ingresos por intereses que recibe la banca comercial se compone de los intereses de la cartera de crédito vigente y vencida, así como de las comisiones por el otorgamiento inicial de crédito, y los intereses que se perciben por inversiones en valores, operaciones con valores y derivados, entre otros.

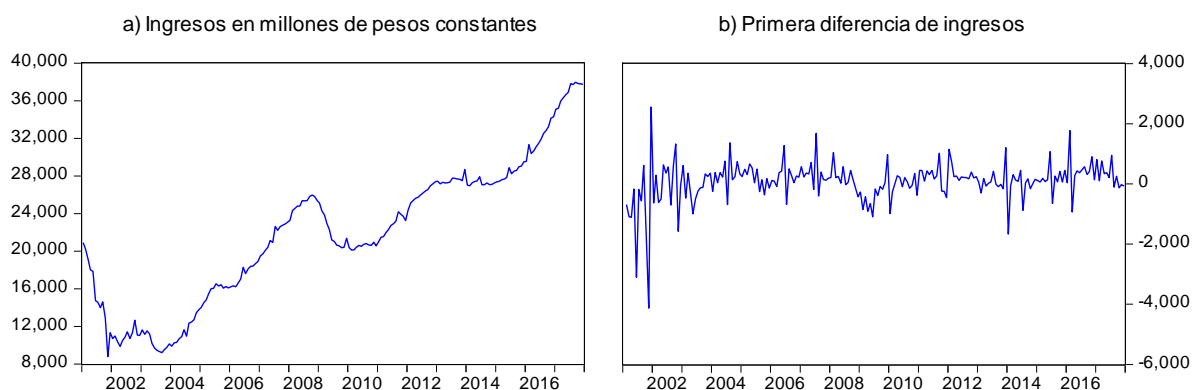
Sin embargo, debido a que se utiliza el crédito como base en el primer modelo multivariante, se tomarán solamente los ingresos por intereses recibidos de la cartera de crédito vigente. Los datos de ingresos que se llegaron a obtener por la cartera de crédito vencida sólo están disponibles desde el 2004, pero dado que en promedio representan sólo el 1.07% de los ingresos en cartera total, se procede a estimar los ingresos por intereses de la cartera vigente en términos reales (*iic*)<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Los datos se obtuvieron del estado de resultados, por lo que se trabaja con datos no acumulados para cada periodo. Por ello la serie sólo tiene 204 observaciones, al no considerar el dato acumulado de diciembre de 2000.

Las gráficas 3.4 muestran el comportamiento de la serie de ingresos por intereses desestacionalizada en millones de pesos constantes (a) y su primera diferencia (b).

Gráficas 3.4. Ingresos por intereses de la cartera de crédito



Fuente: elaboración propia con datos de Series Históricas de la CNBV.

Es de destacar que en el año 2001 se tuvo una caída importante en los ingresos por intereses del crédito al pasar de 20,889 a 8,769 millones de pesos en el periodo enero-noviembre, observado a la vez por la gran variación obtenida en la primera diferencia de su logaritmo en este año en relación al resto del periodo.

Profundizando más en las características de las series, en el cuadro 3.iii se presentan las principales medidas estadísticas.

Cuadro 3.iii. Estadísticos de los ingresos por intereses de la cartera de crédito

<i>Estadístico</i>	<i>iic</i>	<i>d(icc)</i>
<i>Media</i>	21,848.94	82.97470
<i>Mediana</i>	22,253.46	143.1458
<i>Máximo</i>	37,958.43	2553.702
<i>Mínimo</i>	8,769.09	-4127.482
<i>Desv. Est.</i>	7,469.73	667.6130
<i>Asimetría</i>	0.064477	-1.632385
<i>Curtosis</i>	2.310444	13.22538
<i>Jarque-Bera</i>	4.182985	974.5446
<i>Probabilidad</i>	0.123503	0.000000
<i>Observaciones</i>	204	203

En comparación con la cartera de crédito, los ingresos por intereses se comportan de forma diferente. Con la crisis del 2008, estos ingresos tardaron casi 5 años en recuperar los niveles de finales de 2008, lo cual puede reflejar una disminución de la tasa de interés activa relacionada a un aumento de préstamos, ya que la cartera de crédito recuperó sus niveles más rápidamente; así mismo los ingresos por intereses se estancaron de 2012 a 2014, cuando la cartera de crédito se mantenía creciendo.

A partir del 2015 los ingresos por intereses han tenido un crecimiento importante. Precisamente un año antes se llevó a cabo la reforma financiera, cuyo objetivo principal es conformar un sector financiero que contribuya al crecimiento económico, y específicamente en relación al sector de la banca privada, el aumento del crédito a tasas de interés bajas y fomentar una mayor competitividad bancaria (Gobierno de la República, 2014).

Como se observa en el cuadro 3. *iii* los ingresos por intereses en nivel se comportan bajo una distribución de probabilidad normal. La primera diferencia muestra una media menor a la mediana; pero a diferencia de la serie no diferenciada, no se distribuye de forma normal, dado que tienen un gran apuntalamiento (Curtosis) y una asimetría negativa. Así la variación más grande negativa y la variación más grande positiva en la serie diferencia fueron en meses consecutivos, noviembre y diciembre de 2001, respectivamente.

Respecto al modelo ajustado a una estructura ARCH, después de comprobar la correlación serial y la heteroscedasticidad, la mejor estimación es la siguiente:

$$d(icc) = 0.154295AR(2) + 0.536433AR(5) + 0.190135MA(3) + 0.203655MA(4)$$

(0.044696)	(0.074068)	(0.052851)	(0.055026)
[3.452066]	[7.242469]	[3.597556]	[3.701051]

$$-0.473697MA(5)$$

(0.098840)
[-4.792591]

$$Estadístico F = 16.68634$$

$$R^2 = 0.254282 (0.238827)$$

$$\hat{\epsilon}_t^2 = 145,244 + 0.492195\hat{\epsilon}_{t-1}^2$$

La prueba de correlación serial indica ausencia de ésta (probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05) y pruebas de heteroscedasticidad también muestran ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.9732 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05). El estadístico Jarque-Bera es de 23.63863, el cual no afecta la estimación al tener una muestra de datos grande para el modelo.

Los resultados indican que ante una variación mensual de un millón de pesos ocurrida hace 2 y 5 meses los ingresos por intereses de la cartera de crédito actualmente aumentarán (de forma independiente, todo lo demás constante) en 0.1542 y 0.5364 millones de pesos respectivamente, en promedio. La variación de los autoregresivos resultantes, junto a las medias móviles de 2, 3 y 5 periodos, explican el 25.42% de la variación de los ingresos por intereses<sup>45</sup>, y son significativos en lo individual como en conjunto (estadísticos de significancia estadística mayores a 2).

<sup>45</sup> Entre paréntesis se agrega el valor ajustado de  $R^2$ .

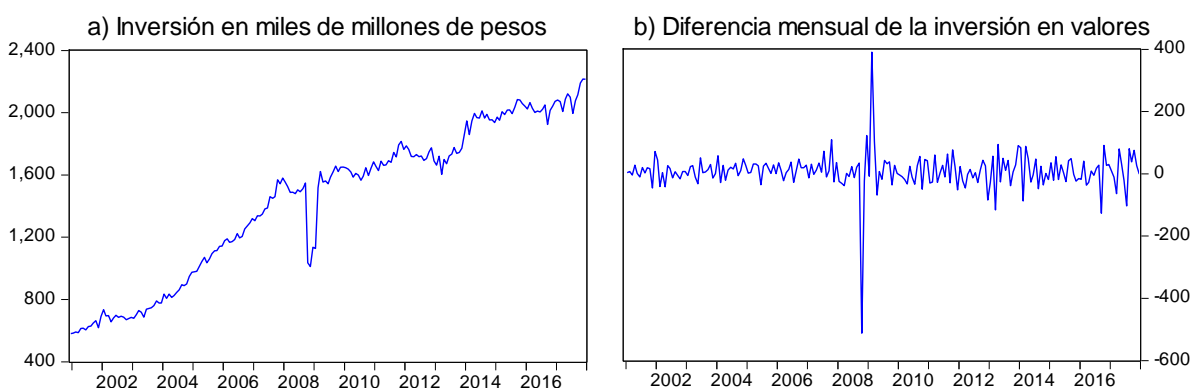
### 3.2.3 Inversión en valores de la banca múltiple

Las inversiones en valores de la banca comercial constituyen los títulos para negociar (valores en posición propia utilizados para fines de especulación), títulos disponibles para la venta (títulos no clasificados dentro de la definición de negociación y que no se pretende mantenerlos hasta su vencimiento) y títulos conservados para su vencimiento (títulos de deuda con pagos fijos o determinados y con vencimiento fijo).

Las gráficas 3.5 muestran la serie de inversión en valores de la banca comercial en datos desestacionalizados en miles de millones de pesos (a) y su primera diferencia (b).

Como se puede apreciar en ambas gráficas, la crisis del 2008 tuvo un fuerte impacto en esta inversión bancaria, aunque su recuperación se presenta en el lapso de un año. En todo el periodo considerado se aprecia la tendencia positiva de la serie nivel.

Gráficas 3.5. Inversión en valores de la banca comercial



Fuente: elaboración propia con datos de Series Históricas de la CNBV.

La relación entre las dos gráficas es importantísima: desde inicios de enero de 2001 hasta finales de 2008 se tiene un crecimiento sostenido de la inversión en valores (gráfica a) de 1.05% mensual durante 94 meses y que se confirma con una variación mensual relativa limitada (gráfica b).

Cuadro 3.iv. Estadísticos de la inversión en valores de la banca comercial

<i>Estadístico</i>	<i>iv</i>	<i>d(iv)</i>
<i>Media</i>	1,435.990	8.017
<i>Mediana</i>	1,579.559	7.414
<i>Máximo</i>	2,216.639	390.649
<i>Mínimo</i>	579.928	-512.052
<i>Desv. Est.</i>	489.366	59.422
<i>Asimetría</i>	-0.338016	-2.015333
<i>Curtosis</i>	1.791394	38.29446
<i>Jarque-Bera</i>	16.38077	10,726.54
<i>Probabilidad</i>	0.000277	0.000000
<i>Observaciones</i>	205	204



A finales de 2008 e inicios de 2009, cuando los efectos de la crisis disminuyeron el valor de las inversiones bursátiles, las variaciones mensuales son de mayor magnitud, teniendo como el valor de variación máxima \$390.649 mil millones en febrero de 2009, y la caída más importante de \$512.052 mil millones en octubre de 2008 (cuadro 3.iv).

A partir del mes de febrero de 2009 inicia la recuperación de la inversión bursátil de la banca, pero la velocidad de crecimiento de la inversión no se compara a los datos registrados antes de la crisis. La tasa de crecimiento mensual se redujo a 0.35%, y la variación en las diferencias mensuales es relativamente mayor a la mostrada antes de la crisis.

En complemento a lo recién mencionado, se procede con el modelo de serie de tiempo univariado:

$$d(iv) = 7,881.744 - 0.308443AR(4)$$

(3,093)	(0.067882)
[2.548148]	[-4.543807]

$$\text{Estadístico } F = 20.64618$$

$$R^2 = 0.094427 \text{ (0.089854)}$$

Las pruebas de correlación serial resultan en ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba Breusch-Godfrey de 0.1647 y probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05); pruebas de heteroscedasticidad indican ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.9432 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05). El estadístico Jarque-Bera es de 9,288, que no afecta la estimación al tener una muestra de datos grande para el modelo.

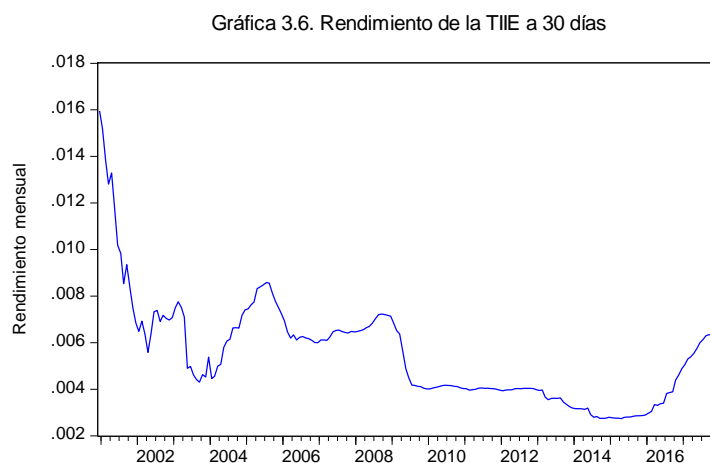
Es interesante ver que el modelo de mejor ajuste indica que por cada aumento mensual de mil millones de pesos de hace 4 periodos induce, en promedio, a una disminución mensual actual de 0.3084 mil millones de pesos. Esto indica y confirma que, si bien se espera una caída presente por un aumento en el pasado, dichos aumentos son mayores, mostrando una tendencia positiva pero limitada por su propio pasado.

Las variaciones del autoregresivo explican el 9.44% de las variaciones de la diferencia mensual actual de la inversión en valores, y junto al intercepto son significativos en conjunto como en lo individual.

### **3.2.4 Tasa de interés interbancaria**

La tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE) a 28 días, es una tasa representativa en el mercado interbancario y es referencia para las instituciones bancarias en productos financieros.

Para tener un mejor comparativo y que las estimaciones sean precisas, en especial cuando se proceda con el modelo multivariante, la TIIIE a 28 días, que aparece como una tasa porcentual anual<sup>46</sup>, debe transformarse en una tasa equivalente a 30 días<sup>47</sup> (gráfica 3.6) para que se pueda relacionar con los datos mensuales obtenidos de la inflación y del tipo de cambio.



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico.

Esta tasa equivalente mensual no modifica de ninguna manera el comportamiento de la TIIIE, pero con ella se obtienen mejores resultados por su exactitud comparativa en cuanto a periodicidad. En el cuadro 3.v se muestran los principales estadísticos del rendimiento mensual de la TIIIE.

Cuadro 3.v. Estadísticos del rendimiento mensual de la TIIIE

<i>Estadístico</i>	<i>tii<sub>e30</sub></i>
<i>Media</i>	0.005495
<i>Mediana</i>	0.005053
<i>Máximo</i>	0.015955
<i>Mínimo</i>	0.002730
<i>Desv. Est.</i>	0.002248
<i>Asimetría</i>	1.581615
<i>Curtosis</i>	7.233329
<i>Jarque-Bera</i>	238.5439
<i>Probabilidad</i>	0.000000
<i>Observaciones</i>	205

El máximo rendimiento mensual de la TIIIE ha sido de 1.59% (1.53% en la serie no desestacionalizada) al inicio del periodo considerado, y el rendimiento más bajo se dio en abril de 2015 (0.27% mensual de septiembre a noviembre de 2014 en la serie no

<sup>46</sup> La tasa porcentual anual es una tasa que tiene una frecuencia de composición menor a un año.

<sup>47</sup> La tasa equivalente se calcula de la siguiente manera:  $TIIIE_{30} = (1 + \frac{TIIIE_{28}}{36000})^{30/28} - 1$

desestacionalizada), al ser sólo 0.273% mensual. La media es ligeramente superior a la mediana, y los datos se distribuyen de forma más apuntalada que una distribución normal, y se tiene una asimetría positiva.

Es importante destacar que en 2009 la TIIIE disminuyó considerablemente debido al efecto de la crisis económica y financiera proveniente del exterior, resultando en un relajamiento de la política monetaria que llevó a disminuir 375 puntos base la TIIIE (a un día) en los primeros 7 meses del año, cuando en 2008 se había aumentado el objetivo de esta tasa para no afectar las expectativas de inflación a mediano plazo (Banxico: 2008, 2009). A partir del 2016 la TIIIE comenzó a repuntar por la volatilidad del tipo de cambio, el aumento de las expectativas de la inflación y la normalización de la política monetaria de los Estados Unidos (Banxico, 2016).

Después de un análisis de la relación de la TIIIE con sus propios rezagos, el modelo que tuvo el mejor ajuste, sin problemas de correlación serial, fue bajo una estructura GARCH:

$$\begin{aligned}
 tii_{e_{30}} = & 1.328659AR(1) - 0.330339AR(3) + 0.151965MA(3) \\
 & (0.048166) \quad (0.047827) \quad (0.062636) \\
 & [27.58478] \quad [-6.906949] \quad [2.426155]
 \end{aligned}$$

$$\text{Estadístico } F = 2,185.543$$

$$R^2 = 0.965374 (0.965026)$$

$$\hat{\epsilon}_t^2 = c + 0.793112\hat{\epsilon}_{t-1}^2 + 0.531644h_{t-1}$$

Los resultados indican que por cada aumento porcentual en el periodo inmediato pasado la  $tii_{e_{30}}$  aumentará en promedio 1.31 puntos porcentuales en el rendimiento mensual, pero si el aumento considerado es de tres meses anteriores, el rendimiento actual de la  $tii_{e_{30}}$  disminuirá 0.33 puntos porcentuales en promedio. Estos autoregresivos junto la media móvil de tres periodos son significativos en lo individual como en conjunto y sus variaciones explican el 96.53% de las variaciones de la  $tii_{e_{30}}$  actual.

Cabe señalar que la ecuación de la varianza no es estable, al no cumplir con la condición de invertibilidad del modelo GARCH. Sin embargo, es necesario mencionar un efecto clave sobre la TIIIE: ésta depende esencialmente de otros factores, tanto económicos como financieros, más que del propio comportamiento de sí misma, por lo que será vital llegar a los resultados del modelo multivariante.

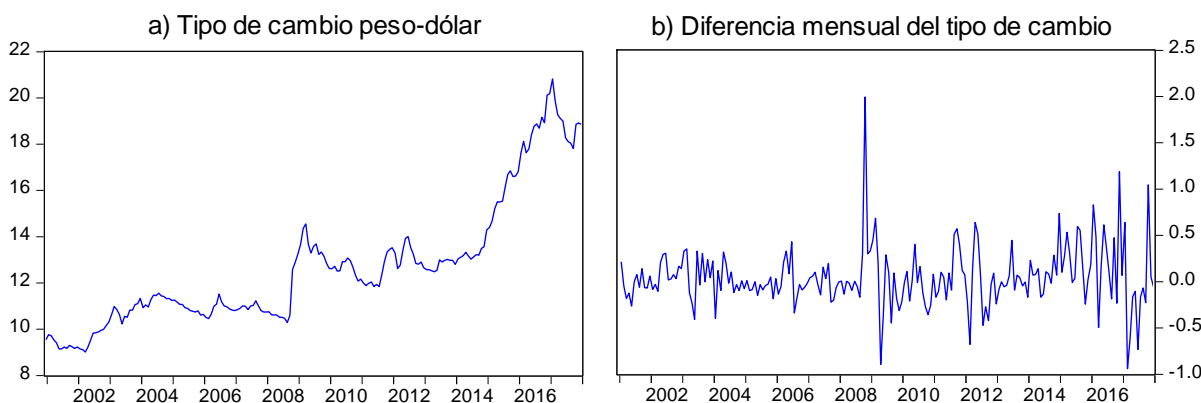
### 3.2.5 Tipo de cambio nominal

El tipo de cambio que se considera es el FIX peso-dólar como promedio mensual, el cual se publica por el Banco de México con base a cotizaciones al mayoreo para operaciones liquidables al segundo día hábil en el mercado de cambios.

El tipo de cambio es una de las variables importantes que pueden llegar a afectar a la inflación nacional y a las tasas de interés, por lo que estimarla es de gran relevancia. Su comportamiento desestacionalizado a partir de diciembre del año 2000 hasta diciembre

de 2017 es el que se muestra en la gráfica 3.7.a, y su primera diferencia en la gráfica 3.7.b:

Gráficas 3.7. Tipo de cambio nominal peso-dólar



Fuente: elaboración propia con datos de Banco de México.

El tipo de cambio tiene una tendencia positiva, pero con varios periodos de depreciación del dólar frente al peso, siendo que a partir de la crisis del 2009 las variaciones mensuales en pesos por dólar se han hecho más grandes que las del periodo antes de la crisis.

Observando algunos estadísticos del cuadro 3.vi, se nota que la mayor apreciación del dólar frente al peso ocurre después de la crisis del 2008, dada la asimetría positiva de los datos, y que esta apreciación del dólar no había ocurrido a este ritmo: siendo precisos, de diciembre de 2000 a noviembre de 2014, el dólar se apreció 43.82% en términos del peso, y de este último mes a enero de 2017 (el valor máximo obtenido en la serie) el dólar se apreció 57.04% (40.82% considerando hasta el mes de diciembre de 2017).

Cuadro 3.vi. Estadísticos del tipo de cambio nominal

<i>Estadístico</i>	<i>tc</i>	<i>d(tc)</i>
<i>Media</i>	12.70588	0.045632
<i>Mediana</i>	12.16168	0.006185
<i>Máximo</i>	20.82646	1.994370
<i>Mínimo</i>	9.017510	-0.938830
<i>Desv. Est.</i>	2.761442	0.319998
<i>Asimetría</i>	1.152930	1.317603
<i>Curtosis</i>	3.590913	10.39676
<i>Jarque-Bera</i>	48.39856	524.0786
<i>Probabilidad</i>	0.000000	0.000000
<i>Observaciones</i>	205	204

Este comportamiento del tipo de cambio desde 2014 se debe, en primera instancia, a la caída del precio del petróleo desde la segunda mitad del 2013, que se acentuó en julio de 2014 (en junio el precio promedio del barril mexicano era de 98 dólares, 41 dólares en enero de 2015 y 23 dólares en enero de 2016), hasta volver a aumentar lentamente en

febrero de 2016. En segunda instancia, a la volatilidad externa relacionada a la normalización de la política monetaria estadounidense (aumento de tasas de interés) y a su proceso electoral desde mayo de 2016 (Banxico, 2016); efecto que se mantuvo hasta alcanzar la máxima apreciación del dólar ante el peso mexicano en enero de 2017.

De acuerdo a las variaciones mensuales, el tipo de cambio tuvo su mayor aumento pesos por dólar en octubre del 2008 al subir en 1.9943 pesos respecto al promedio del mes anterior, debido a la crisis financiera ya mencionada; el mayor cambio en contra del dólar ocurrió meses más tarde, en febrero de 2017, al disminuir en 0.9388 pesos el valor del dólar, al pasar de 20.82 a 19.88 el tipo de cambio mensual.

La depreciación del dólar ante el peso iniciada en 2009 y que se mantuvo hasta 2011 fue provocada por una política monetaria nacional como consecuencia de los eventos externos (e internos, como la menor perspectiva de ingresos públicos) de finales de 2008, a favor de lograr una mayor confianza en el país y proveer liquidez al mercado cambiario. Algunas de las acciones tomadas fueron la venta de dólares en 2009 que ascendió a 16,246 millones de dólares y la aprobación de una “Línea de Crédito Flexible” que es una base precautoria que refuerza la confianza y la certidumbre de la economía mexicana (Banxico, 2016).

Siguiendo con el modelo mejor ajustado, el resultado es el siguiente:

$$d(tc) = 0.224691AR(1)$$

$$(0.068487)$$

$$[3.280779]$$

$$R^2 = 0.031960$$

Las pruebas de correlación serial resultan en ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba Breusch-Godfrey de 1.0000 y probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05); pruebas de heteroscedasticidad también muestran ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.8378 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05). El estadístico Jarque-Bera es de 589, que no afecta la estimación al tener una muestra de datos grande para el modelo.

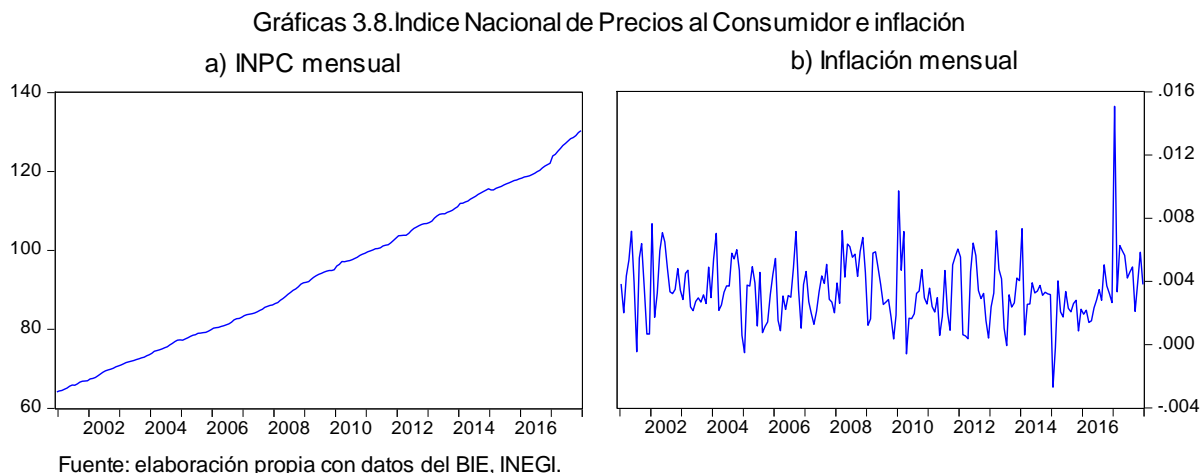
El resultado del proceso AR indica que la variación mensual pesos por dólar depende de su valor rezagado inmediato, el cual es significativo y su variación explica el 3.19% de las variaciones del tipo de cambio actual. El coeficiente del autoregresivo indica que, por cada aumento en el valor del dólar de un peso mexicano en el periodo anterior, en promedio el tipo de cambio actual aumentará 0.22 pesos por dólar.

### 3.2.6 Índice Nacional de Precios al Consumidor

El Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) mide al aumento generalizado de precios de un conjunto de bienes y servicios que se adquieren para su uso final, y se expresa a través de un índice de base 100, que para este trabajo la primera quincena de

diciembre es igual a 100. Con este índice se obtiene la inflación a través de una tasa de crecimiento simple.

El comportamiento desestacionalizado del INPC expuesto en la gráfica 3.8.a es de tendencia positiva, y la inflación mensual se muestra en la gráfica 3.8.b.:



En el cuadro 3.vii se muestran los estadísticos principales de las series graficadas, que nos complementan un primer análisis.

Cuadro 3.vii. Estadísticos del INPC y la inflación mensual

<i>Estadístico</i>	<i>inpc</i>	<i>p</i>
<i>Media</i>	94.04946	0.003484
<i>Mediana</i>	93.98112	0.003270
<i>Máximo</i>	130.3326	0.015081
<i>Mínimo</i>	64.13495	-0.002685
<i>Desv. Est.</i>	18.65923	0.002064
<i>Asimetría</i>	0.138955	0.934091
<i>Curtosis</i>	1.813535	7.217528
<i>Jarque-Bera</i>	12.68380	180.8600
<i>Probabilidad</i>	0.001761	0.000000
<i>Observaciones</i>	205	204

La media de la inflación es de 0.34%, casi igual a la mediana, aunque esto no representa normalidad, ya que, si bien se tiene una asimetría ligeramente positiva, se tiene un apuntalamiento mayor que una distribución normal. La variación mensual más grande ocurrió en enero de 2017 y fue de 1.5% respecto a diciembre de 2016, probablemente causado por la tendencia al alza del tipo de cambio desde mediados de 2016; la caída mensual más importante fue de 0.26% en enero de 2015.

Por otra parte, el modelo en series de tiempo univariado de la inflación no necesita de una estructura ARCH para un buen ajuste; fue suficiente un AR(1) como se muestra a continuación:

$$p = 0.003482 + 0.258793AR(1)$$

(0.00019) (0.068131)  
[18.36070] [3.798487]

$$R^2 = 0.066976 (0.062334)$$

Las pruebas de correlación serial resultan en ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba Breusch-Godfrey de 0.6522 y probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05) y también hay ausencia de heteroscedasticidad (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.6450 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05). El valor del estadístico Jarque-Bera es 2035, que no afecta la estimación al tener una muestra de datos grande para el modelo.

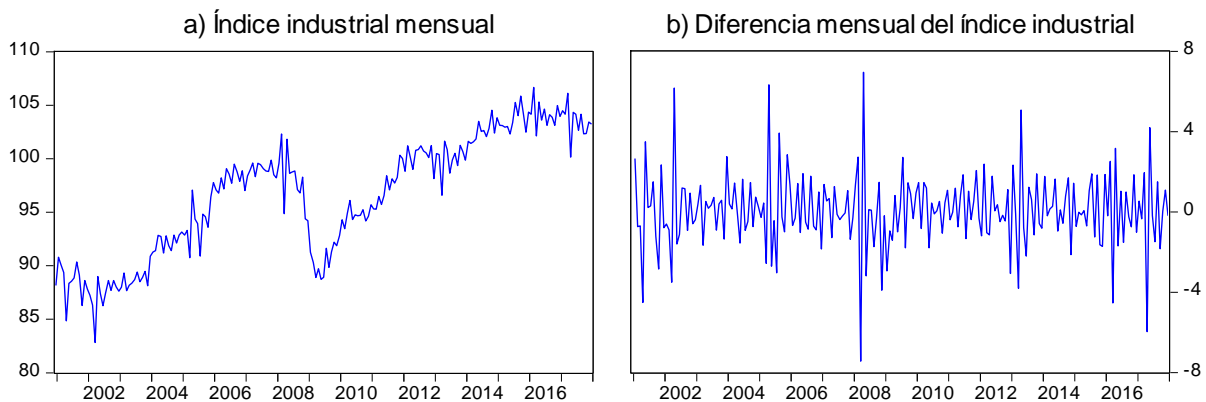
El coeficiente del AR(1) es significativo y su variación explica el 6.69% de las variaciones de la inflación actual. El resultado indica que, por cada aumento mensual de 1 punto porcentual, la inflación presente aumentará 0.25 puntos porcentuales.

### 3.2.7 Índice de la Actividad Industrial

La principal relación que se busca interpretar en este trabajo es entre el crédito de la banca privada y el crecimiento de la economía. Uno de los principales indicadores mensuales que tienen una estrecha relación con la actividad económica general es el Índice de la Actividad Industrial (*iai*) que se construye a través de ponderaciones de la estructura económica del 2003. Los sectores que integran al *iai* son: industrias manufactureras, minería, construcción, electricidad, agua y suministro de gas.

El comportamiento del *iai* se muestra en la gráfica 3.9.a y su primera diferencia en la gráfica 3.9.b.:

Gráficas 3.9. Índice de la actividad industrial



Fuente: elaboración propia con datos del BIE, INEGI.

Es de resaltar que, a diferencia de las variables anteriores, la caída más importante del índice de la actividad industrial se da a inicios, y no a finales, del año 2008, lo que podría ser un indicador que anticipa el comportamiento global de la actividad económica nacional.

Como se observa en el cuadro 3.viii el índice industrial tiene una media menor a la mediana, y al tener una asimetría negativa, refleja que el índice después de la crisis difícilmente ha superado los valores máximos alcanzados antes de la crisis.

Respecto a la primera diferencia, la variación mensual negativa más grande fue de 7.43 puntos porcentuales acontecida en marzo de 2008, y en el siguiente mes, abril, se recuperó en 6.95 puntos porcentuales, siendo la diferencia mensual positiva más alta.

Cuadro 3.viii. Estadísticos del índice de la actividad industrial

<i>Estadístico</i>	<i>iai</i>	<i>d(iai)</i>
<i>Media</i>	96.60307	0.073934
<i>Mediana</i>	97.77409	-0.032130
<i>Máximo</i>	106.6725	6.953667
<i>Mínimo</i>	82.83473	-7.435037
<i>Desv. Est.</i>	5.625795	1.849702
<i>Asimetría</i>	-0.267249	0.048266
<i>Curtosis</i>	1.927140	5.884426
<i>Jarque-Bera</i>	12.27195	70.79848
<i>Probabilidad</i>	0.002164	0.000000
<i>Observaciones</i>	205	204

El ajuste del modelo de serie de tiempo necesitó de una estructura ARCH (que es estable, con una constante mayor a cero y un coeficiente del término cuadrado del error menor a 1) para corregir el problema de heteroscedasticidad, como se muestra enseguida:

$$d(iai) = -0.595588AR(1) - 0.217036AR(2) + 0.212073MA(23)$$

$$(0.094663) \quad (0.055880) \quad (0.069035)$$

$$[-6.291663] \quad [-3.884058] \quad [3.071954]$$

$$\text{Estadístico } F = 40.69181$$

$$R^2 = 0.375716 (0.369442)$$

$$\hat{\epsilon}_t^2 = 1.425790 + 0.349682\hat{\epsilon}_{t-1}^2$$

La prueba de correlación serial resulta en ausencia de ésta (probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05) y las pruebas de heteroscedasticidad también muestran ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.9164 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05). El estadístico Jarque-Bera es de 54.47, que no afecta la estimación al tener una muestra de datos grande para el modelo.

El ajuste de la serie indica que por cada aumento de 1 punto porcentual de la serie en el periodo pasado y hace dos periodos el índice actual disminuirá (de forma independiente, todo lo demás constante) en promedio, en 0.59 y 0.21 puntos porcentuales, respectivamente. Estos dos coeficientes junto al coeficiente de la media móvil son



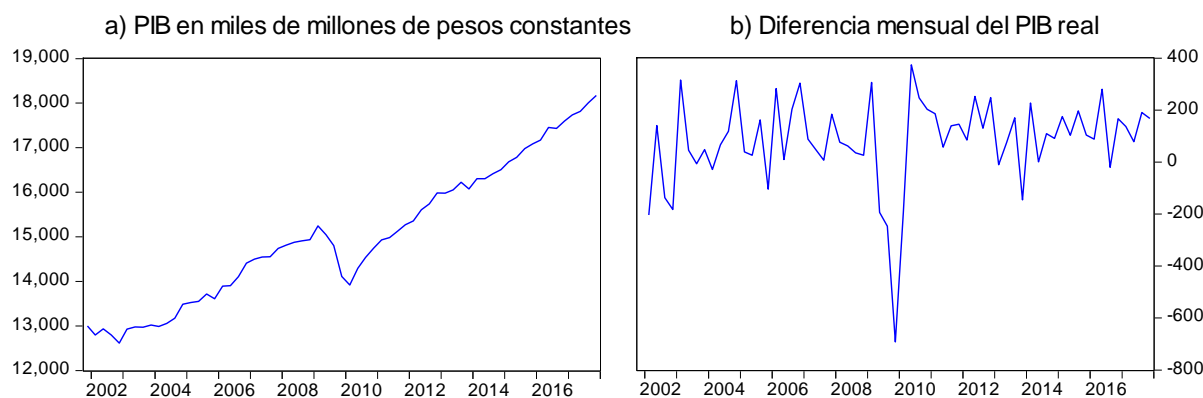
significativos en conjunto y de forma individual, y sus variaciones explican el 37.57% de las variaciones de la diferencia mensual del índice industrial.

Y la ecuación de la varianza ( $\hat{\epsilon}_t^2$ ) indica que los residuos del modelo responden a la información nueva.

### 3.2.8 Producto Interno Bruto

El comportamiento del PIB nacional a precios constantes en millones de pesos se muestra en la gráfica 3.10.a y su primera diferencia en la gráfica 3.10.b:

Gráficas 3.10. Producto Interno Bruto a precios constantes



Fuente: elaboración propia con datos del BIE, INEGI.

Es destacable la caída del PIB que se observa en las dos gráficas a inicios del año 2009, siendo la crisis financiera de Estados Unidos que a finales del 2008 afectó a la economía mundial el principal antecedente; por ello en el segundo trimestre del 2009 el PIB cayó en 8.92% tasa anual, cuando los dos trimestres anteriores habían registrado tasas negativas. Como consecuencia de esto, en el segundo trimestre de 2010 el PIB creció 7.03% tasa anual.

Cuadro 3.ix. Estadísticos del Producto Interno Bruto real

<i>Estadístico</i>	<i>pib</i>	<i>d(pib)</i>
<i>Media</i>	15,012.442	80.877
<i>Mediana</i>	14,875.729	89.828
<i>Máximo</i>	18,173.729	374
<i>Mínimo</i>	12,615.398	-692.251
<i>Desv. Est.</i>	1,557.786	170.229
<i>Asimetría</i>	0.293066	-1.600700
<i>Curtosis</i>	2.053321	8.137683
<i>Jarque-Bera</i>	3.357664	97.71933
<i>Probabilidad</i>	0.186592	0.000000
<i>Observaciones</i>	65	64

Como se muestra en el cuadro 3.ix, el PIB presenta una distribución normal. Respecto a su primera diferencia, destaca que la variación mensual máxima ocurre un año después

de los primeros efectos de la crisis, en el segundo trimestre de 2010, creciendo en \$374 mil millones, pero la mayor disminución fue de \$692.251 mil millones en el último trimestre del 2009.

El modelo univariante de series de tiempo del PIB es el siguiente:

$$d(pib) = 90,392 - 0.257955AR(1) - 0.313681AR(4) + 0.387156MA(5)$$

(26,011)	(0.125624)	(0.118709)	(0.131372)
[3.475078]	[2.053394]	[-2.642439]	[2.947022]

$$Estadístico F = 3.586395$$

$$R^2 = 0.161164 (0.116226)$$

Las pruebas de correlación serial resultan en ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba Breusch-Godfrey de 0.6026 y probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05) y pruebas de heteroscedasticidad también muestran ausencia de ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.5587 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05), por lo que no necesitó de una estructura GARCH. El estadístico Jarque-Bera es de 126.64, que no afecta la estimación al tener una muestra de datos grande para el modelo.

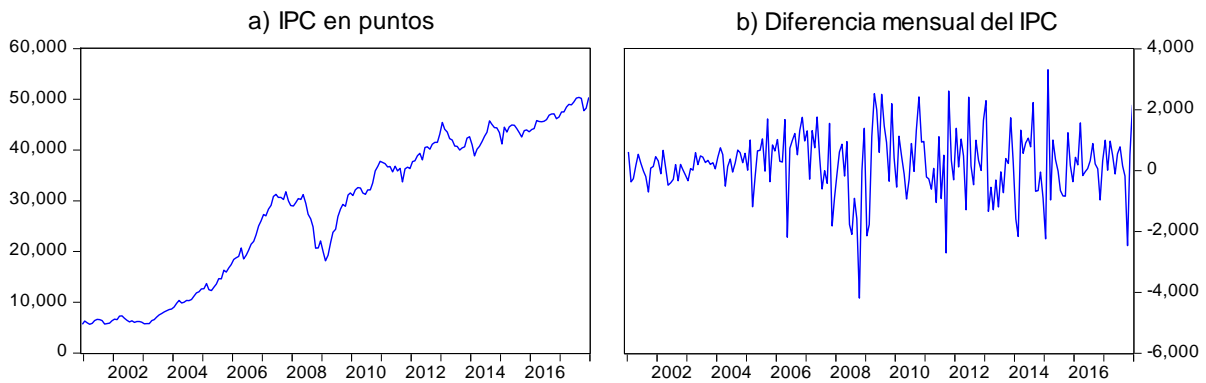
Los resultados del modelo son muy interesantes. Indican que, tras un aumento de mil millones de pesos en el trimestre anterior, el PIB actual disminuirá en promedio en 0.2579 mil millones de pesos. Si dicho aumento se da en el mismo trimestre del año anterior, la disminución promedio del PIB actual será de 0.3136 mil millones de pesos. Pero la media móvil de 5 trimestres da un resultado contrario, de crecimiento. Estos coeficientes son significativos en conjunto como en lo individual, y sus variaciones explican el 16.11% de las variaciones del PIB.

### 3.2.9 Índice de Precios y Cotizaciones

El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores es el indicador general del mercado de valores en México. Es un índice representativo de las emisoras en México que pondera (por capitalización de mercado) diversas acciones en la bolsa, buscando medir el rendimiento de las acciones de mayor tamaño y liquidez del mercado bursátil mexicano. Este índice toma como referencia las 35 emisoras principales de los distintos sectores de la economía.

Su comportamiento desde diciembre de 2000 en datos mensuales se muestra en la gráfica 3.11.a y su primera diferencia en la gráfica 3.11.b. Como se aprecia, el IPC tiende un comportamiento similar a la inversión de valores de la banca comercial, con un crecimiento exponencial hasta 2006, la caída ante la crisis del 2008 y después de su recuperación muestra un crecimiento menor al mostrado antes del 2008.

Gráficas 3.11. Índice de Precios y Cotizaciones



Fuente: elaboración propia con datos del Banco de México.

De acuerdo a la columna de la derecha del cuadro 3.x, lo más destacable es una desviación estándar muy grande de 1,049 puntos, con una media de sólo 219.22 puntos, y que al observarse la gráfica 3.11.b se nota esta gran variación de la primera diferencia del IPC. Por otra parte, la caída mensual más grande de este índice fue de 4,187 puntos ocurrida en octubre de 2008, y el aumento más grande fue de 3,309 puntos en febrero de 2015.

Cuadro 3.x. Estadísticos del Índice de Precios y Cotizaciones

<i>Estadístico</i>	<i>ipc</i>	<i>d(ipc)</i>
<i>Media</i>	28,176.36	219.2221
<i>Mediana</i>	30,668.12	235.1958
<i>Máximo</i>	503,96.80	3,309.409
<i>Mínimo</i>	5,644.309	-4,187.682
<i>Desv. Est.</i>	14,731.74	1,049.749
<i>Asimetría</i>	-0.239528	-0.417863
<i>Curtosis</i>	1.615882	4.665996
<i>Jarque-Bera</i>	18.32424	29.52884
<i>Probabilidad</i>	0.000105	0.000000
<i>Observaciones</i>	205	204

Respecto al modelo univariante, se necesitó de un proceso GARCH para modelar la varianza, como se observa a continuación:

$$d(ipc) = 223.3137 - 0.210088AR(13) - 0.343104MA(24)$$

$$\begin{matrix} (35.1989) & (0.057397) & (0.057135) \\ [6.344338] & [-3.660270] & [-6.005173] \end{matrix}$$

$$Estadístico F = 11.35328$$

$$R^2 = 0.106862 (0.097360)$$

$$\hat{\epsilon}_t^2 = 557,016 + 0.571498\hat{\epsilon}_{t-1}^2$$

La prueba de correlación serial resulta en ausencia de ésta (probabilidades en rezagos de la FAC mayores a 0.05) y pruebas de heteroscedasticidad también muestran ausencia de

ésta (probabilidad Chi-cuadrada de prueba ARCH de 0.6748 y probabilidades en rezagos de la FACP mayores a 0.05). El estadístico Jarque-Bera es de 4.38, mostrando normalidad en los residuos.

La diferencia mensual actual del IPC depende de su rezago 13 (de forma negativa) y de una media móvil de 24 periodos, donde sus coeficientes son significativos en conjunto y en lo individual, y sus variaciones explican el 10.68% de las variaciones del IPC actual.

La ecuación del proceso ARCH es estable, al tener un intercepto positivo mayor a cero y coeficiente menores a uno, que indica que la varianza del modelo responde a la información nueva.

### **3.3 Modelo multivariante del canal del crédito**

La principal variable en este modelo es la TIIIE mensual, siendo la inflación una de las variables centrales con la que se le relaciona, es decir, la tasa de crecimiento del INPC. Es importante ver la relación entre ambas variables o hasta qué punto se relacionan. Así mismo, es necesario introducir en el análisis multivariado el tipo de cambio, ya que tiene una gran importancia para las autoridades monetarias debido a su efecto sobre la inflación.

Pero autores como Ros y Galindo (2006) mencionan que el tipo de cambio es un factor que influye en el nivel de precios nacional de tal manera que el Banco de México actúa a través de aumentos en la tasa de interés ante una apreciación del dólar frente al peso. Sin embargo, y como mencionan dichos autores, es una política asimétrica, al aumentar la tasa de interés cuando el dólar se aprecia en términos del peso, y mantener la tasa cuando el dólar se deprecia, lo cual podría generar un sesgo en la relación estadística entre el tipo de cambio y la inflación.

Por otra parte, ¿qué tan influyente es la TIIIE para determinar la tasa de interés activa de la banca privada? O ¿qué tan influyente es en la expansión del crédito comercial? Para responder a esto se introduce en el análisis los ingresos por intereses de la cartera de crédito vigente<sup>48</sup>.

#### **3.3.1 Modelo VAR**

Como se explicó en el capítulo dos, los modelos VAR tratan simétricamente a todas las variables eliminando el efecto de correlación con las innovaciones. Al proceder con el modelo, se necesita que las variables sean estacionarias: con base en los resultados del cuadro 3.i, la tasa de interés se toma en sus valores originales, los ingresos por intereses del crédito y el tipo de cambio en primera diferencia, y el INPC en su tasa de crecimiento.

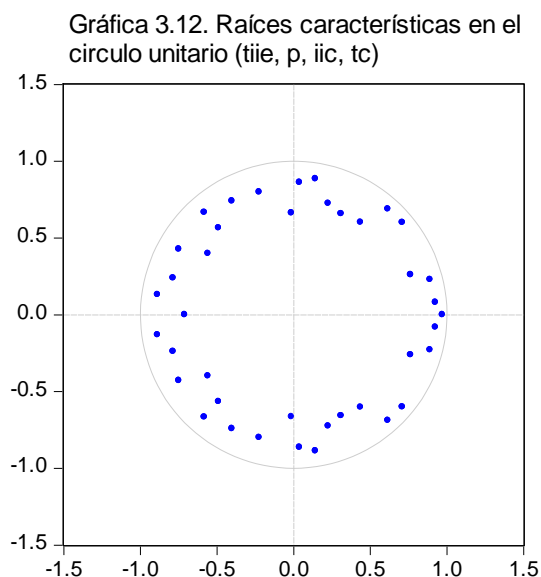
---

<sup>48</sup> Si considerásemos un cálculo de la tasa de interés implícita nos traería un sesgo importante, ya que dicha tasa sería un promedio de promedios de promedios, es decir, un promedio de la tasa mensual, resultante del promedio de la tasa de todos los bancos y que es promedio de las tasas de contratos de diferente temporalidad y vencimiento.

El primer paso para establecer un modelo confiable es determinar la extensión de los rezagos en las ecuaciones simétricas: los criterios de selección nos dan una primera impresión, sin embargo, se considera el mejor ajuste de acuerdo a la correlación serial.

El criterio de Akaike y el criterio FPE (final prediction error) consideran una extensión de 2 rezagos, el criterio Bayesiano y HQC 1 rezago, y el criterio LR 10 rezagos. Después de revisar los diferentes resultados partiendo de 12 rezagos y llegando a uno, el mejor ajuste en la correlación serial (el menor p value del estadístico LM test fue de 0.0594, aceptando la hipótesis nula de no autocorrelación) sigue el criterio LR de 10 rezagos.

De la misma manera, las pruebas de homocedasticidad en los residuos son favorables, al mostrar ausencia de heteroscedasticidad con términos no cruzados de la prueba White (estadístico Chi-cuadrado de 747.29 con un p value de 0.9084, aceptando la hipótesis nula de homocedasticidad). La prueba de normalidad resulta en un estadístico Jarque-Bera de 2,649 con un p value de cero, rechazando la normalidad en los residuos, resultado que no afecta las estimaciones por el tamaño de la muestra de análisis.



Este modelo con 10 rezagos es estable en el tiempo, al tener raíces características menores a la unidad, como se comprueba en la gráfica 3.12.

Al revisar la significancia de los rezagos para cada variable con la prueba de Wald se encontró que, en conjunto, cada estructura del rezago es significativa, excepto para los rezagos 3 y 6.

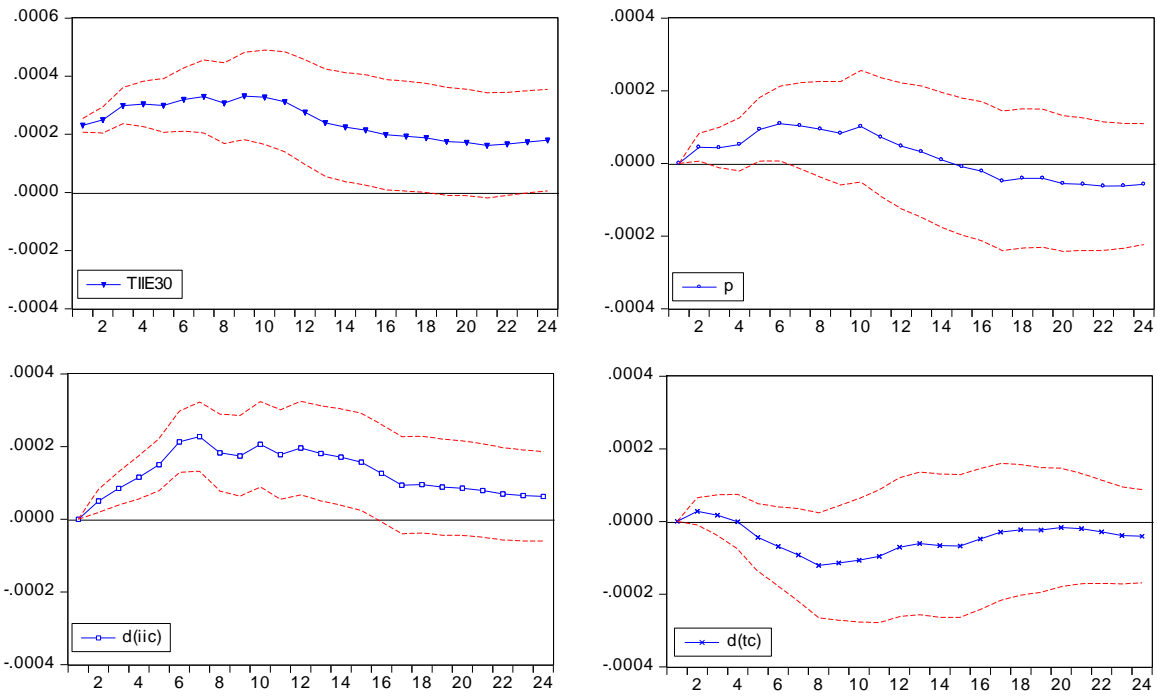
Analizando la significancia y el poder de explicación del conjunto de rezagos para cada variable, se obtienen los siguientes resultados:

	$TII E_{30}$	$p$	$d(iic)$	$d(tc)$
$F$	231.5479	1.560536	3.788706	1.251751
$R^2 adj$	0.979605	0.104567	0.367481	0.049834

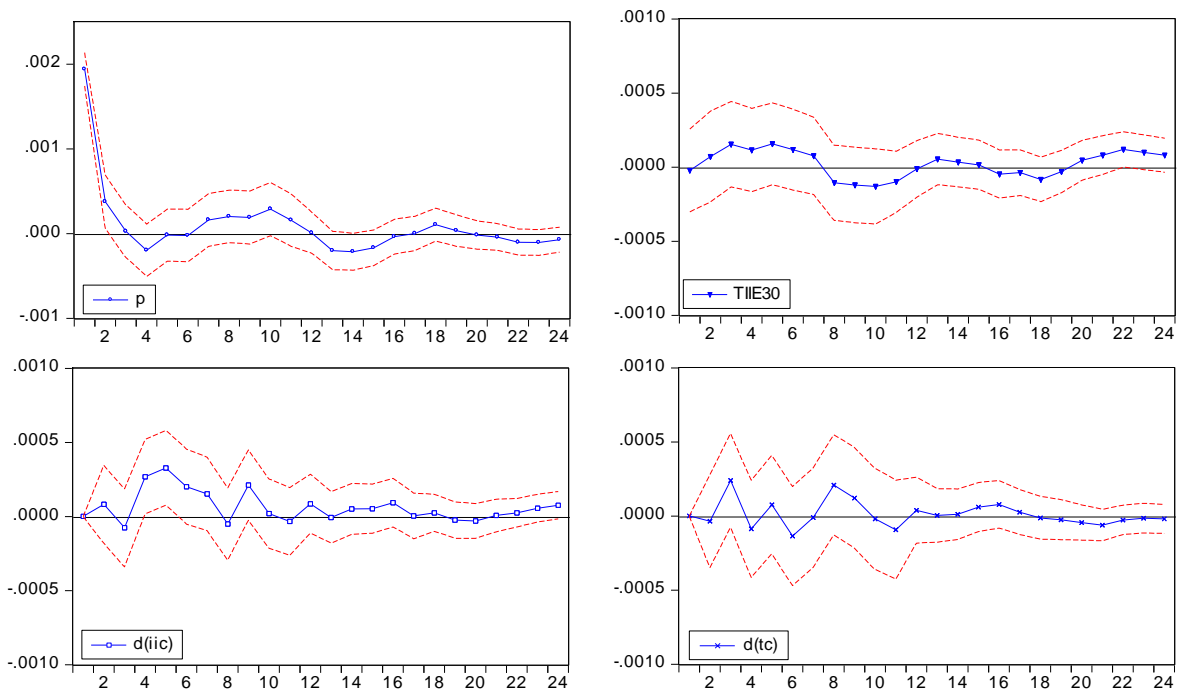
Los resultados más destacados son para la  $TII E_{30}$ , donde los rezagos propios y de las demás variables son significativos en conjunto y sus variaciones explican el 97.39% de las variaciones de la  $TII E_{30}$ . Por otra parte, los mismos rezagos mencionados son significativos en conjunto para la los ingresos por intereses del crédito, no así para la inflación y el tipo de cambio.

En un análisis más detallado, las gráficas 3.13 muestran las funciones impulso-respuesta, y en las gráficas 3.14 la descomposición de la varianza. Se procede a analizar los casos por separado.

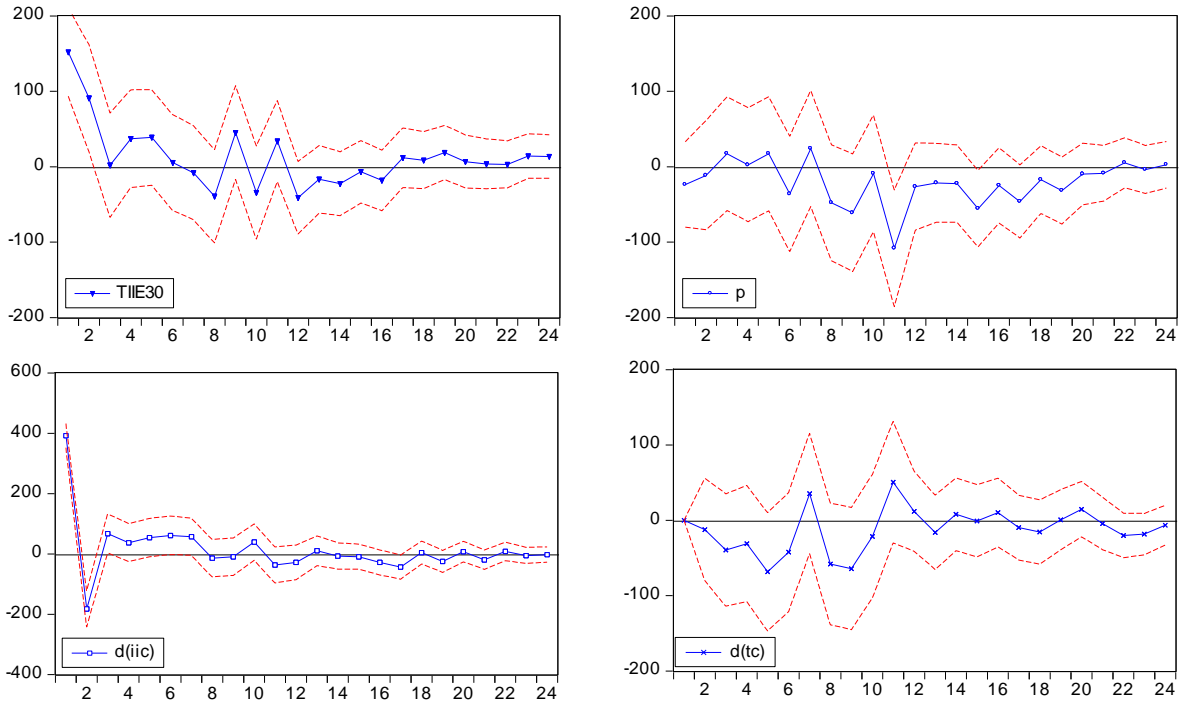
Gráficas 3.13.a. Respuesta de TIE30  
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



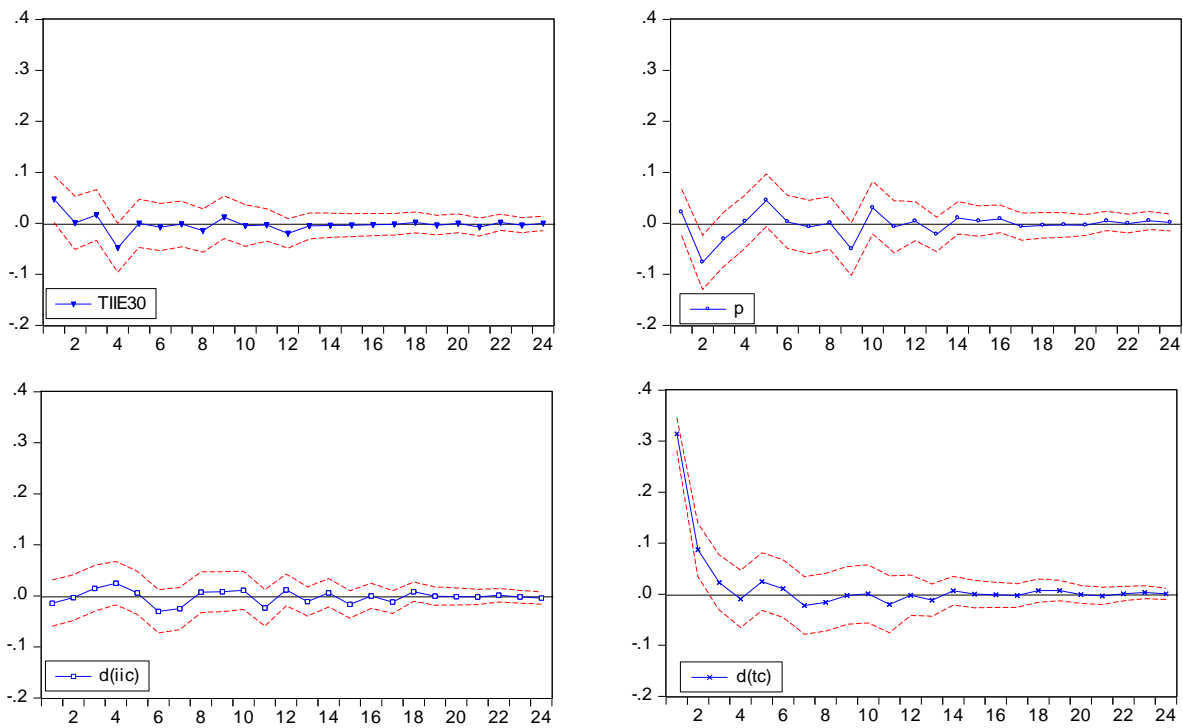
Gráficas 3.13.b. Respuesta de p  
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



Gráficas 3.13.c. Respuesta de d(iic)  
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



Gráficas 3.13.d. Respuesta de d(tc)  
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



*Caso 1* (gráficas a). El rendimiento mensual de la TIIIE muestra que sus propios shocks tienen un gran efecto positivo sobre sí misma, mismo efecto positivo, pero rezagado, que proviene de las innovaciones de los ingresos por intereses por cartera de crédito, siendo que dicho efecto se entiende como el canal del crédito, donde se busca inferir en los niveles de inflación a través de variaciones de la tasa de interés por parte de la banca central. Esto indica que una de las funciones de la TIIIE es incidir en la tasa activa de la banca comercial.

Sin embargo, los shocks de la inflación tienen un efecto positivo sobre la TIIIE en el mediano plazo, indicando que un aumento de la inflación provoca un aumento de la tasa de interés, pero dicho efecto es sutil. Respecto al tipo de cambio, su efecto es negativo sobre la TIIIE, rezagado y poco importante, punto que se analiza en el siguiente apartado.

Por otra parte, con el conjunto de gráficas de la descomposición de la varianza se complementa el análisis al mostrar que la varianza de la TIIIE disminuye su capacidad de explicación sobre sí misma, efecto compensado por las variaciones de los ingresos por intereses de la banca, las cuales llegan a explicar casi el 20% de la varianza de la tasa de interés después de 10 periodos.

*Caso 2* (gráficas b). La gráfica de las funciones impulso-respuesta muestra que los shocks de los ingresos por intereses de la banca afectan a la inflación en forma positiva y no despreciable, lo que refleja el efecto del crédito en la economía; pero el efecto de la inflación sobre sí misma es mayor, debido principalmente al shock inmediato en un periodo posterior. El efecto principal de la TIIIE sobre la inflación es positivo, y está contenido en los periodos 2 a 7. Por otra parte, el tipo de cambio tiene un efecto ambiguo sobre la inflación.

En complemento, la descomposición de la varianza indica que la inflación es mayormente explicada por variaciones de sí misma, y eventualmente por las variaciones de los ingresos por intereses; de forma menos perceptible es la explicación que se le concede a la TIIIE y al tipo de cambio sobre la inflación.

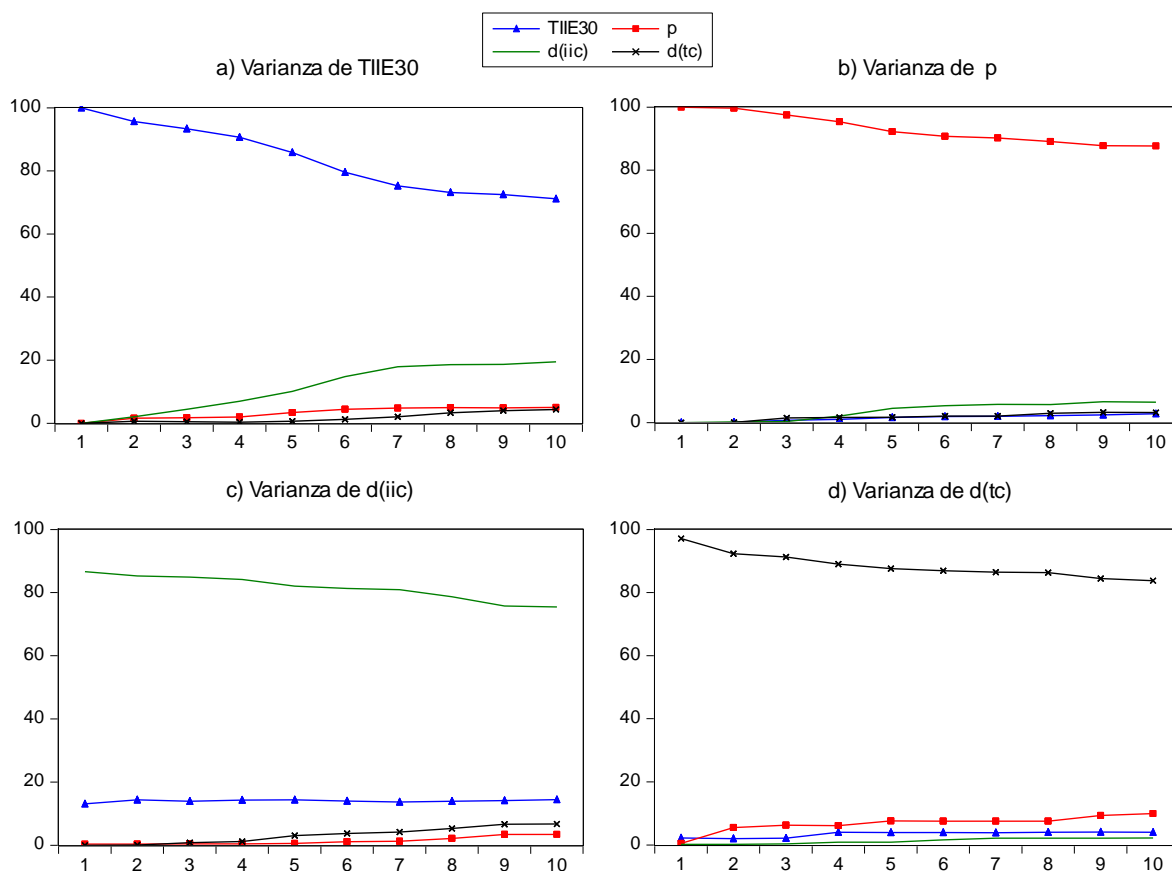
*Caso 3* (gráficas c). El mayor efecto sobre los ingresos por intereses de la banca es producido por shocks de sí mismos, pero sólo se produce en los primeros meses después del impacto. Junto a este efecto, es importante el comportamiento de la TIIIE, la cual tiene un gran efecto directo importante principalmente por el shock producido en el corto plazo, lo cual indica que la tasa activa de los bancos se mueve conforme lo hace la tasa interbancaria fijada por el banco central. En el sentido contrario, de efecto negativo, se encuentra la inflación, que afecta suavemente a los ingresos por intereses, y de mismo efecto se encuentra el tipo de cambio, que una devaluación del peso afecta a la baja los ingresos por intereses de la banca de forma inmediata, que en una relación directa podría deberse a la salida de capitales.



Los resultados de la descomposición de la varianza se complementan a las menciones anteriores, ya que no toda la variación de los ingresos por intereses se debe a sí misma, sino que la TIEE se vuelve importante en su explicación.

*Caso 4* (gráficas d). El tipo de cambio parece moverse por variables ajenas a las consideradas aquí, excepto por sí mismo, especialmente en el corto plazo. Tanto la TIEE como los ingresos por intereses no son importantes para explicar al tipo de cambio, y la inflación tiene un efecto negativo a corto plazo de mediana importancia que indicaría una salida de capitales ante la pérdida del poder adquisitivo del dinero en el país; efectos que se cotejan en la descomposición de la varianza.

Gráficas 3.14. Descomposición de la varianza (tie, p, iic, tc)



Una vez obtenidos los resultados de los impulsos-respuestas entre las variables, es necesario examinar la causalidad de Granger. Como se mencionó en el capítulo 2, la causalidad de Granger muestra la causalidad de una variable sobre otra, de forma que los rezagos de una variable pueden mejorar el pronóstico de la variable que se quiera explicar. En el cuadro 3.xi se muestra el resumen de la causalidad de Granger del modelo VAR.

Hay varios aspectos que resaltan del cuadro inferior en relación con los resultados mencionados hasta ahora. La inflación y el tipo de cambio en lo individual no causan en

Granger a la TIIIE, pero los ingresos por intereses de la cartera bancaria sí lo hacen (como las tres variables en conjunto), implicando que existe un canal del crédito que no logra afectar a la inflación, ya que la inflación no es causada en la estructura de Granger por ninguna de las variables mencionadas.

Cuadro 3. xi. Causalidad de Granger (tiie, p, iic, tc)

<i>Causalidad</i>	<i>Chi – sq (prob.)</i>	<i>Causalidad</i>	<i>Ch – sq (prob.)</i>
$TIIIE_{30} \rightarrow p$	7.9726 (0.6315)	$p \rightarrow TIIIE_{30}$	17.4401 (0.0652)
$TIIIE_{30} \rightarrow d(iic)$	48.8128 (0.0000)	$p \rightarrow d(iic)$	23.9463 (0.0077)
$TIIIE_{30} \rightarrow d(tc)$	7.9043 (0.6382)	$p \rightarrow d(tc)$	22.0858 (0.0147)
<i>Causalidad</i>	<i>Chi – sq (prob.)</i>	<i>Causalidad</i>	<i>Ch – sq (prob.)</i>
$d(iic) \rightarrow TIIIE_{30}$	71.0573 (0.0000)	$d(tc) \rightarrow TIIIE_{30}$	6.6231 (0.7605)
$d(iic) \rightarrow p$	15.8180 (0.1050)	$d(tc) \rightarrow p$	10.0401 (0.4370)
$d(iic) \rightarrow d(tc)$	10.2871 (0.4157)	$d(tc) \rightarrow d(iic)$	16.6816 (0.0817)
	<i>Causalidad</i>	<i>Chi – sq (prob.)</i>	
	$Conjunto \rightarrow TIIIE_{30}$	114.5797 (0.0000)	
	$Conjunto \rightarrow p$	35.9320 (0.2103)	
	$Conjunto \rightarrow d(iic)$	94.1913 (0.0000)	
	$Conjunto \rightarrow d(tc)$	35.1442 (0.2374)	

El símbolo  $\rightarrow$  significa "causa a".

En la relación  $a \rightarrow b$ , la hipótesis nula es: la variable  $a$  no causa en Granger a la variable  $b$ .

En los ingresos por intereses la causalidad está en sintonía con los resultados de las funciones impulso-respuesta, al mostrar que la inflación y la TIIIE tienen causalidad de Granger sobre esta variable; pero los resultados del tipo de cambio se desvanecen al mostrar la nula causalidad de Granger que tiene sobre los ingresos de intereses bancarios. Respecto a las variables que causan al tipo de cambio, se sostiene sólo la importancia de la inflación.

Después de hacer este análisis de corto plazo, es necesario saber si existe una relación de largo plazo entre las variables, es decir, se procede a analizar la validez de un vector de cointegración. Sin embargo, para establecer inicialmente la cointegración de las variables, éstas deben de tener el mismo orden de integración, y este no es el caso. La TIIIE es  $(0)$ , el tipo de cambio y los ingresos por intereses son  $I(1)$ , y la inflación, debido a la prueba KPSS, es  $I(2)$ : las variables no están cointegradas.

### 3.3.2 Análisis de resultados

Este primer análisis se enfocará en el análisis de la actividad bancaria relacionado a la inflación como objetivo de política monetaria. En primera instancia, se debe resaltar el efecto que sostiene la inflación ante variaciones del tipo de cambio. Los resultados mostrados por las funciones impulso-respuesta indican un efecto acumulado que es relativamente más importante en el largo plazo, es decir, después de 7 periodos; de hecho, si se extiende el periodo de estas funciones, el efecto acumulado del tipo de cambio es ligeramente creciente hasta el periodo 17, y después se desvanece. De cualquier manera, la causalidad es nula del tipo de cambio a la inflación.

Este resultado obtenido se puede comparar con otros trabajos del efecto traspaso del tipo de cambio a la inflación, cuyos resultados dependen del periodo de estudio considerado. Por ejemplo, en el trabajo ya mencionado de Ros y Galindo del 2006, se menciona que sí existe un efecto importante en la inflación ante las variaciones del tipo de cambio. Pero en estudios más recientes, como el de Pérez (2012), se hace un comparativo entre dos periodos divididos por la aplicación del esquema de metas de inflación (1995-2000 y 2000-2012), donde para el periodo antes del año 2000 la beta del modelo bivariado (coeficiente de traspaso) es más grande a la que se obtiene para el periodo posterior al año 2000.

En el estudio de Cortés (2013) se analizan las funciones impulso-respuesta y la significancia de los resultados, y concluye que el coeficiente de traspaso de las variaciones del tipo de cambio sobre la inflación para el periodo de junio de 2001 a agosto de 2012 es bajo y no significativo; misma conclusión se encuentra en el trabajo de Capistrán (2011) cuando analiza el periodo 2001-2010 (descartando el periodo 1997-mayo del 2001), quien apunta que la estabilidad de precios (sobre la meta de inflación) y la efectividad de la política monetaria son importantes en el efecto traspaso del tipo de cambio a la inflación, y señala que la inflación baja y estable derivada de una política monetaria eficiente y creíble tienen un impacto amortiguador sobre la inclinación de las empresas a transmitir, al precio final, los choques de costos.

A este último resultado se agregan las palabras de Agustín Carstens (2015) el entonces gobernador de Banxico, quien señala que la alta correlación histórica entre el tipo de cambio y la inflación se rompió hace más de 1 década (antes del 2005) estando en sintonía con niveles de inflación bajos y tasas de interés igualmente bajas.

Es necesario agregar que, si se descompone el INPC de acuerdo a la durabilidad de los bienes, el efecto traspaso es significativo e importante, de acuerdo con la causalidad de Granger y la función impulso-respuesta, sólo sobre la inflación en los bienes durables, como se muestra en el cuadro 3.xii.

Cuadro 3.xii. Efecto traspaso de las variaciones del tipo de cambio a precios de bienes por durabilidad (10 periodos)

<i>Bienes</i>	<i>Impulso-respuesta</i>	<i>Desc. Var.</i>	<i>Causalidad</i>
<b>Durables</b>	0.001866	16.27108	Es causado
<b>No durables</b>	0.001143	2.824281	No causado
<b>Mercancías</b>	0.001240	3.489632	No causado
<b>Servicios</b>	-0.001079	9.713906	No causado

Fuente: elaboración propia con datos del BIE, INEGI.

La segunda relación a tratar radica sobre la tasa de interés. Como se mencionó, la TIIE no sostiene una causalidad de Granger sobre la inflación<sup>49</sup> y el tipo de cambio, ya que estas variables, en el periodo considerado, estuvieron influenciadas por una diversidad de variables no consideradas en este modelo. De la misma manera, la causalidad de Granger no se da en el sentido contrario, del tipo de cambio y la inflación a la TIIE, lo cual puede deberse, en el primer caso a una política monetaria asimétrica sobre el mercado cambiario, y en el segundo caso a que la TIIE se mueve por las expectativas de la inflación, además, como menciona Perrotini (2018), para el caso de México la elasticidad inflación de la tasa de interés es negativa pero baja, debido a que mientras la inflación no se aleje de la meta propuesta por la autoridad monetaria, el banco central no tiene incentivos para realizar movimientos sobre la tasa de interés.

La causalidad de Granger es en sentido doble entre la TIIE y los ingresos por intereses. En un lado del asunto, los ingresos por intereses son afectados positivamente por la TIIE, es decir, ante un aumento de la TIIE, aumentan los ingresos por intereses, pero este efecto en términos acumulados está limitado en el tiempo; a diferencia del efecto de los ingresos por intereses sobre la TIIE, donde el efecto acumulado es creciente. Esto indica que la TIIE, respecto a la actividad de la banca, busca controlar la tasa activa y el monto total del crédito de la banca, agrupados en los ingresos por intereses.

Debido al efecto de los ingresos por intereses, y a que en conjunto con la inflación y el tipo de cambio causan a la TIIE, el resultado es un canal de transmisión de la política monetaria que, si bien a través de la TIIE se busca controlar la inflación, esto sólo es posible por el impacto que puede tener el crédito y la tasa de interés activa de la banca, que se sabe no causan a la inflación.

<sup>49</sup> Uno de los factores a resaltar es que la TIIE, y en general los diversos instrumentos de política monetaria, no actúan solamente ante valores pasados de variables como la inflación y el tipo de cambio, sino también sobre las expectativas de mediano y largo plazo de éstas y otras variables.

### 3.4 Modelo del mercado de valores y la actividad económica

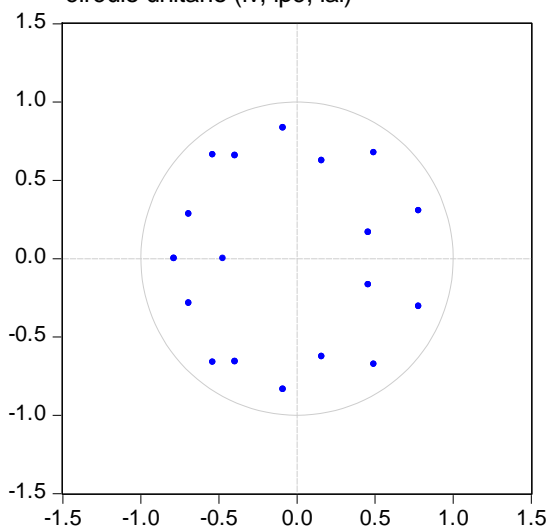
Una de las relaciones importantes a analizar es en qué medida la inversión en valores de la banca afecta el comportamiento del mercado bursátil, y así mismo si éste representa una fuente de fondeo importante, mismo que se relaciona con los fundamentales de la empresa, implicando un vínculo la actividad industrial.

Las tres variables a considerar, el IPC, la inversión en valores y el índice industrial, se analizarán en su primera diferencia de acuerdo al cuadro 3.i.

#### 3.4.1 Modelo VAR

La selección de rezagos de los diversos criterios no es definitiva: AIC, LR y FPE indican 6 rezagos, SBC 1 rezago y HQC 4 rezagos. Después analizar la correlación serial para distintos rezagos, el modelo que da por superados los problemas de correlación serial (el menor estadístico LM fue de 15.6743 con un p value de 0.0740) sigue la recomendación del criterio de Akaike, de 6 rezagos. Así mismo, el problema de la heteroscedasticidad con términos cruzados indica un modelo homocedastico (estadístico Chi-cuadrado de 1,172 con un p value igual a 0.2052). El estadístico Jarque-Bera es 4,196 con un p value de cero, rechazando la normalidad en la distribución de los residuos, hecho que no afecta

Gráfica 3.15. Raíces características en el círculo unitario (iv, ipc, iai)



las estimaciones del modelo por la muestra de datos en el análisis.

Por otra parte, el modelo es estable al tener raíces menores a la unidad, como se ve en la gráfica 3.15.

El modelo VAR resultante muestra significancia conjunta para todos los niveles en la estructura de rezagos de acuerdo a la prueba de Wald. Respecto al conjunto de los rezagos considerados en la explicación de cada una de las variables, también se consigue la significancia de acuerdo al estadístico F, y los valores de  $R^2$  no son tan bajos, como se muestra en seguida:

	$d(iv)$	$d(iai)$	$d(ipc)$
$F$	2.721486	9.679938	2.635088
$R^2_{adj}$	0.135915	0.442304	0.129980

Estos resultados se complementan con la causalidad de Granger (cuadro 3.xiii): el *IPC* y el *iai* no causan, de forma individual y conjunta, en el sentido de Granger a la inversión de valores de la banca. Pero la inversión de valores sí causa en Granger al *IPC*, y el *iai* sólo causa al *IPC* en conjunto con la inversión en valores. Así mismo el *iai* es causado

por el IPC y las inversiones en valores. Lo anterior indica que la inversión en valores se puede considerar como una variable independiente.

Cuadro 3. xiii. Causalidad de Granger (iv, iai, ipc)

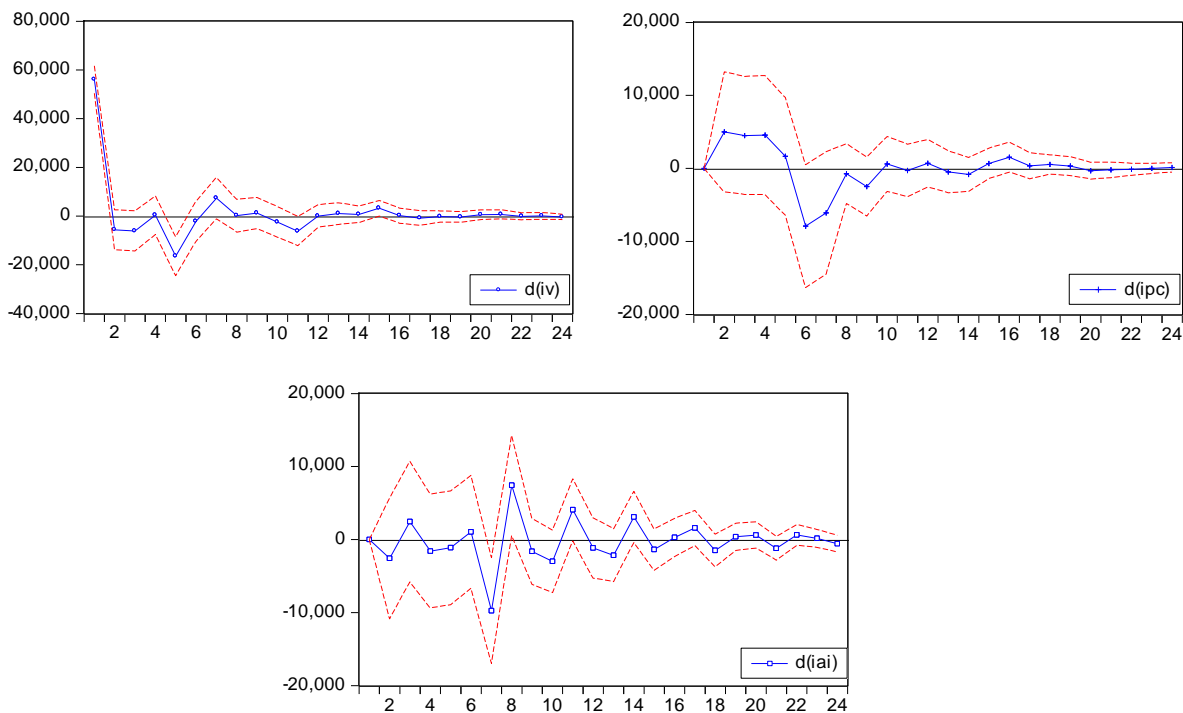
<i>Causalidad</i>	<i>Chi – sq (prob.)</i>	<i>Causalidad</i>	<i>Ch – sq (prob.)</i>
$d(iv) \rightarrow d(iai)$	14.2633 (0.0268)	$d(iai) \rightarrow d(iv)$	10.3599 (0.1103)
$d(iv) \rightarrow d(ipc)$	27.7146 (0.0001)	$d(iai) \rightarrow d(ipc)$	8.2872 (0.2178)
<i>Causalidad</i>	<i>Chi – sq (prob.)</i>	<i>Causalidad</i>	<i>Ch – sq (prob.)</i>
$d(ipc) \rightarrow d(iv)$	8.3136 (0.2160)	<i>Conjunto</i> $\rightarrow d(iv)$	20.9712 (0.0508)
$d(ipc) \rightarrow d(iai)$	16.6359 (0.0107)	<i>Conjunto</i> $\rightarrow d(iai)$	37.3073 (0.0002)
		<i>Conjunto</i> $\rightarrow d(ipc)$	38.3247 (0.0001)

El símbolo  $\rightarrow$  significa "causa a".

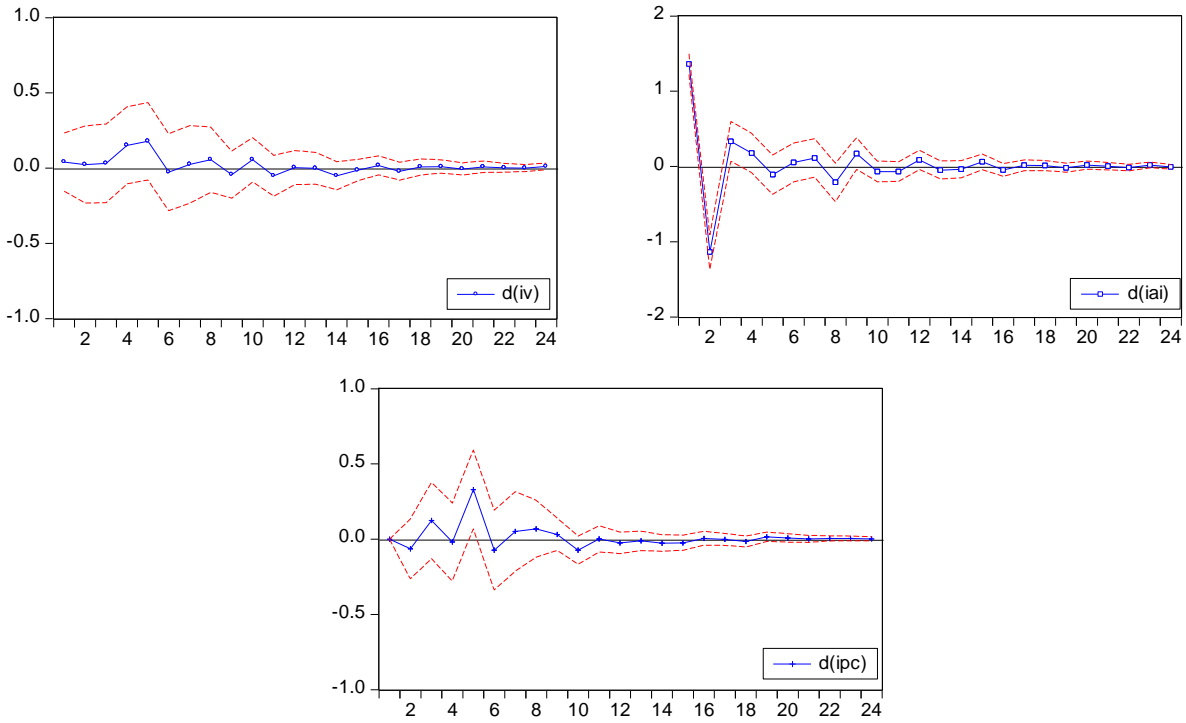
En la relación  $a \rightarrow b$ , la hipótesis nula es: la variable  $a$  no causa en Granger a la variable  $b$ .

En consecuencia, se muestran las funciones impulso-respuesta en las gráficas 3.16, y de la descomposición de la varianza en las gráficas 3.17.

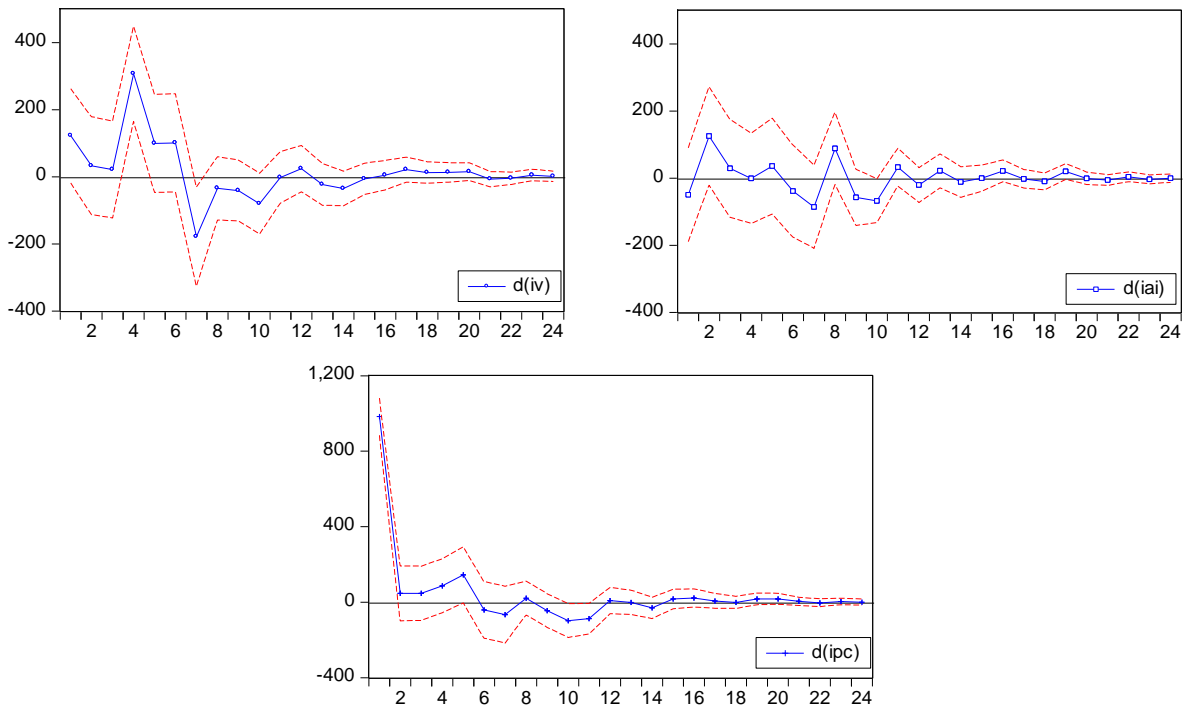
Gráficas 3.16.a. Respuesta de d(iv)  
Funciones impulso-respuesta  
[Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



Gráficas 3.16.b. Respuesta de d(iai)  
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



Gráficas 3.16.c. Respuesta de d(ipc)  
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]

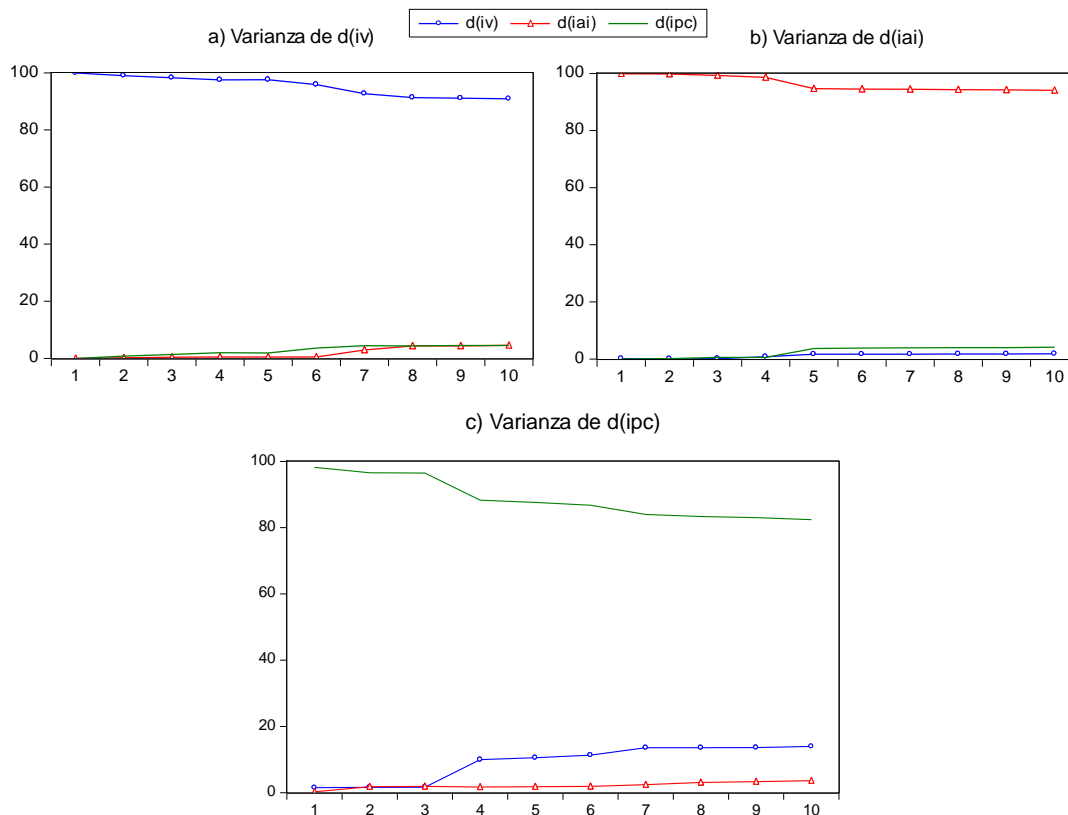


Los resultados muestran que el efecto del IPC sobre la inversión en valores (gráfica 3.16.a) es importante en el corto plazo, aunque tiende a desvanecerse después de 5 periodos termina el efecto positivo y en consecuencia se vuelve poco importante, mientras el *iai* afecta a dicha inversión de forma ambigua. Tanto el *iai* como el IPC son poco importantes en la explicación de la varianza de la inversión en valores, que se relaciona a la nula causalidad de las primeras hacia esta última.

También se observa, en las gráficas b, que los shocks en el *IPC* y la inversión en valores tienen un efecto positivo en el corto plazo sobre el *iai*, aunque después se desvanece, aunque su importancia en la explicación de la varianza, si bien no es nula, es despreciable: las variaciones del *IPC* llegan a explicar el 4%, y las variaciones de *iv* el 1.8%, de las variaciones del *iai*. Pero cabe recordar que ambas variables, el *IPC* y la inversión en valores de la banca, son significativas en el sentido de Granger sobre el comportamiento del índice industrial. De hecho, el efecto acumulado indica que el efecto de una desviación estándar de la inversión en valores y del *IPC* inciden en el aumento de 0.6983 y 0.3527 puntos porcentuales, respectivamente, del *iai*.

De acuerdo con las gráficas c, los shocks del índice industrial no tienen un gran peso en el comportamiento del *IPC* como lo tiene la inversión en valores, la cual tiene un efecto positivo y considerable en los primeros periodos, de tal manera que en la explicación de la varianza del *IPC*, dicha inversión se torna relevante.

Gráficas 3.17. Descomposición de la varianza (iv, iai, ipc)





Después de estas pruebas, se procede a realizar las pruebas de relación a largo plazo con la prueba de cointegración de Johansen: las pruebas de la traza y el máximo valor considerando la tendencia de las variables en nivel con 7 rezagos, los recomendados por el criterio Akaike, indican que no existe algún vector de cointegración, por lo que no existe un equilibrio de largo plazo entre las variables de este modelo<sup>50</sup>.

### 3.4.2 Análisis de resultados

Dentro de la definición de la inversión en valores, se considera tanto la inversión bajo especulación como la inversión en deuda a distintos plazos. Dado que la inversión en valores no está influenciada por la historia de la valuación del mercado de valores ni por el índice industrial, la inversión en títulos de deuda puede deberse al desempeño de las empresas en el mercado real, y la inversión especulativa en valores puede deberse a una estrategia dual: la primera de obtención de beneficios a largo plazo, y la segunda, y relativamente más importante, de obtención de grandes rendimientos en momentos de alta volatilidad bursátil.

Pero la compra de títulos financieros por parte de la banca sí tiene un gran impacto en la inflación en del mercado de valores, en especial en el corto plazo, lo que puede relacionarse a que el valor total de la inversión bursátil de la banca es lo suficientemente grande como para mover los precios en el mercado. Así mismo, la emisión de deuda y la valuación de mercado se relacionan de buena manera con los fundamentales de las empresas: una mayor adquisición de valores de la banca por un buen desempeño de las empresas en el mercado real de la empresa, puede llevar a un mayor volumen de transacciones bursátiles debido al optimismo de agentes no bancarios por dichos valores.

Las empresas emisoras cuentan con diversos instrumentos posibles para realizar sus actividades vía emisión de títulos<sup>51</sup>. El primer grupo se relaciona con el mercado de capitales: con la emisión de acciones se obtienen fondos a través de una oferta pública (mercado primario); también están las fibras, que son instrumentos utilizados para adquirir o construir bienes inmuebles para arrendarlos o adquirir los ingresos de arrendamiento; a través de los fideicomisos hipotecarios se adquiere e invierte en portafolios hipotecarios con instrumentos subyacentes; los títulos opcionales, que son títulos de crédito que tienen como contraparte una prima, dan el derecho a comprar o vender un activo subyacente a un precio preestablecido.

El segundo grupo se relaciona al mercado de deuda, donde existen instrumentos (certificados bursátiles) de corto y largo plazo que se adaptan a las necesidades financieras de las empresas emisoras. La emisión a corto plazo sirve para cubrir

---

<sup>50</sup> El criterio Schwarz y Hannan-Quinn indican 2 rezagos, bajos los cuales las series tienen un vector de cointegración, pero dicho modelo no se justifica por las pruebas de autocorrelación y de heteroscedasticidad.

<sup>51</sup> Esta información se puede consultar con más detalle en la página de la Bolsa Mexicana de Valores, en el siguiente link: <https://www.bmv.com.mx/es/mi-empresa-en-bolsa/instrumentos-disponibles>.

necesidades de capital de trabajo, y la de largo plazo para necesidades de infraestructura, expansión, refinanciamiento de pasivos y otros fines.

Considerando la diversidad de las opciones de financiamiento en el mercado bursátil, y dados los resultados obtenidos en la sección presente, la inversión en valores de la banca tiene un efecto significativo en el funcionamiento de las empresas y su inversión, afectando directa e indirectamente al sector industrial. Sin embargo, el efecto en el índice industrial obtenido en este modelo sólo estaría explicado por las empresas emisoras con registro en la BMV, por lo cual, la importancia del conjunto de inversión en valores del sector bancario comercial no tiene un efecto crucial sobre el comportamiento global industrial, pero dicho efecto existe, como se esperaba y como se observa de mejor manera en el efecto acumulado.

Cabe agregar la situación del financiamiento de las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), ya que dichas empresas tienen tres fuentes esenciales de financiamiento: de forma interna, a través de reinvertir las utilidades generadas, o de forma externa, ya sea acudiendo al mercado crediticio o al mercado de valores (lo cual, a diferencia del financiamiento interno, les traería un costo).

En un estudio acerca de la necesidad de financiamiento de las empresas que cotizan en la BMV, Zamarripa y Sánchez (2016) encuentran inicialmente datos interesantes. Las empresas que cotizan desde hace más de 10 años en la BMV (empresas A) tienen en promedio 4.5 veces más activos y 4 veces más ingresos totales que aquellas empresas que empezaron a cotizar hace menos de 10 años (empresas B) para el año 2014 (diferencia que se redujo alrededor de 40% desde el dato de 2005); respecto al flujo de efectivo por sus operaciones, el de las empresas A supera en 7 veces al de las empresas B en el 2014.

Después de estos datos preliminares, sus resultados muestran que las razones relacionadas a la necesidad de financiamiento externo son diferentes en cada grupo de empresas: para las empresas A, el flujo de efectivo que generan es mayor que el necesitado para pagar a sus accionistas y para sus necesidades de inversión; no así para las empresas B, quienes necesitan financiamiento externo para sus necesidades de inversión, incluso si no se considera el cumplimiento de dividendos.

Dados los resultados del estudio hecho por los autores mencionados, y a los obtenidos en este trabajo, se agrega que la banca impulsa a la actividad económica a través del mercado valores con mayor probabilidad por medio de las empresas de adscripción más reciente a la BMV.

Si bien las empresas más grandes generan el suficiente efectivo evitando el financiamiento externo de sus inversiones, las empresas de reciente cotización han aumentado su nivel de activos, de ingresos netos y efectivo de sus operaciones a tal punto que han acortado la diferencia de las mismas variables respecto a las empresas A en 9 años en un promedio de 40%, indicando de forma incipiente que el financiamiento

bursátil, en el cual la banca comercial tiene un papel importante al influir en el comportamiento del precio de las acciones y la cantidad que invierte para adquirir deuda, es vital para estimular a las empresas B hacia su conversión a empresas grandes y maduras, como lo son las empresas A.

### **3.5 Modelo de la relación entre el PIB y el crédito**

Una de las principales ideas que se vieron en el primer capítulo fue la relación entre el crédito y el crecimiento económico. Los teóricos que afirman que el dinero es neutral mencionan que el efecto sobre el producto real es nulo, bajo el supuesto de que se está en el pleno empleo de recursos; y los teóricos que consideran que el dinero es no neutral, mencionan que el aumento en el crédito impulsa al sector real de la economía, obviando las características del sector bancario.

La relación entre el crédito y el crecimiento económico es más compleja que los desarrollos mencionados, ya que hay otros factores que se deben considerar, como la determinación de las tasas de interés activas y pasivas, la facilidad de acceder al crédito, los controles de la política monetaria, los efectos del sector externo sobre diversas variables, etc.

En busca de un resultado específico para la economía mexicana, la presente sección trata de dilucidar si existe una relación econométrica significativa con el crédito de la banca privada. Anteriormente se expresaron las ideas sobre la tasa de interés y los ingresos por intereses, y las relaciones de la banca con el mercado de valores, además de que se ha mencionado el gran crecimiento que ha tenido la cartera de crédito en los últimos años a favor del crédito a empresas y al consumo. Todo lo anterior servirá para tener un mejor análisis en la sección presente.

#### **3.5.1 Modelo VAR**

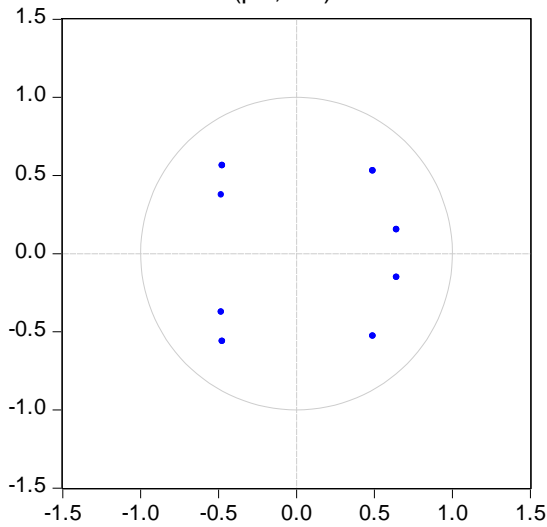
Las series del PIB y la cartera de crédito en términos reales de la presente sección son base 2013Q1=100, a diferencia de secciones pasadas, donde el PIB era base 2013=100 y para el resto de las variables reales la base 100 era para la primera quincena de diciembre de 2010. Con estas modificaciones para tener series comparables en términos reales, tanto el PIB como la cartera de crédito en primera diferencia son  $I(0)$  y estacionarias<sup>52</sup>.

Los criterios de selección de la extensión de rezagos del modelo VAR SBC, HQC y LR concluyen 1 rezago, y los criterios FPE y AIC 3 rezagos. Pero después de hacer las pruebas de autocorrelación y de heteroscedasticidad, el mejor resultado fue el ajuste de un modelo de 4 rezagos.

---

<sup>52</sup> Las pruebas de la primera diferencia se hicieron con tendencia e intercepto para la cartera de crédito y sólo con intercepto para el PIB, de acuerdo al filtro Hodrick-Prescott. Los estadísticos resultantes para el PIB fueron -6.701615 en ADF, -6.716590 en PP y 0.173764 en KPSS; para la cartera de crédito fueron -5.013184 en ADF, -5.226682 en PP y 0.085670 en KPSS.

Gráfica 3.18. Raíces características en el círculo unitario (pib, ccr)



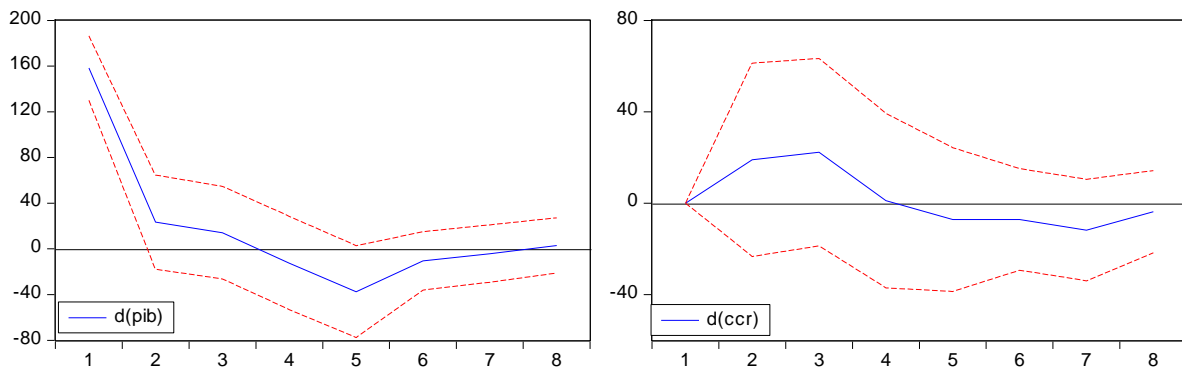
Teniendo un modelo sin problemas de correlación serial (el p value más pequeño es 0.1660, aceptando la hipótesis nula de no correlación serial) ni heteroscedasticidad (estadístico Chi-cuadrado de 49.22 para términos no cruzados, con un p value de 0.4240), y con raíces características del modelo menores a la unidad (gráfica 3.18), el modelo indica un buen ajuste, a pesar de no mostrar normalidad en la distribución de los residuos (estadístico Jarque-Bera de 65.6086).

Los resultados de la prueba F muestra que la significancia de los rezagos en conjunto sólo es válida cuando se explica a la cartera de crédito, no así para el PIB. Incluso los valores ajustados de  $R^2$  muestran que las variaciones de los rezagos del PIB y la cartera del crédito explican el 34.17% de las variaciones de la cartera de crédito, pero no las variaciones del PIB, cuya explicación se reduce a sólo 0.75%.

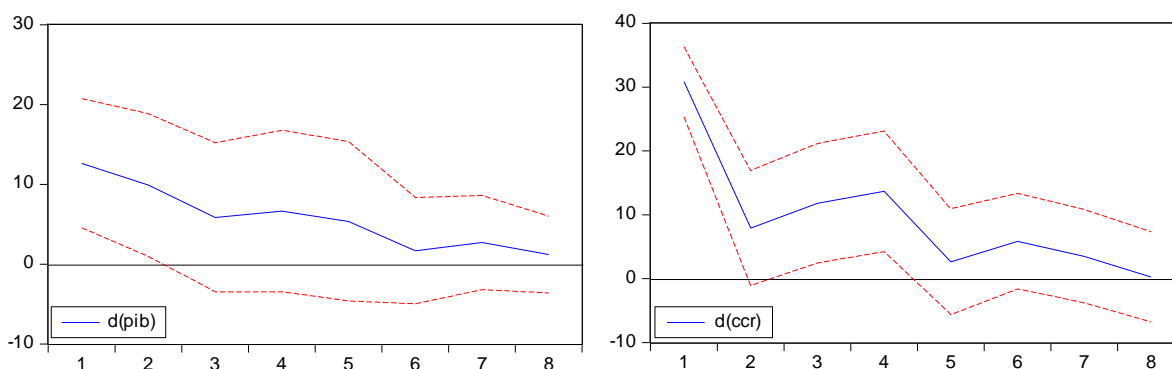
	$d(pib)$	$d(ccr)$
$F$	1.058736	5.022030
$R^2 adj$	0.007522	0.341660

Estos resultados son parecidos a los obtenidos en las funciones impulso-respuesta de las gráficas 3.19 (valores en miles de millones de pesos), donde el efecto del PIB en el crédito es positivo, pero que tienen de disminuir hasta prácticamente desaparecer después de 8 periodos. y el efecto del crédito sobre el PIB es positivo, pero poco importante.

Gráficas 3.19.a. Respuesta de  $d(pib)$   
Funciones impulso-respuesta  
[Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]

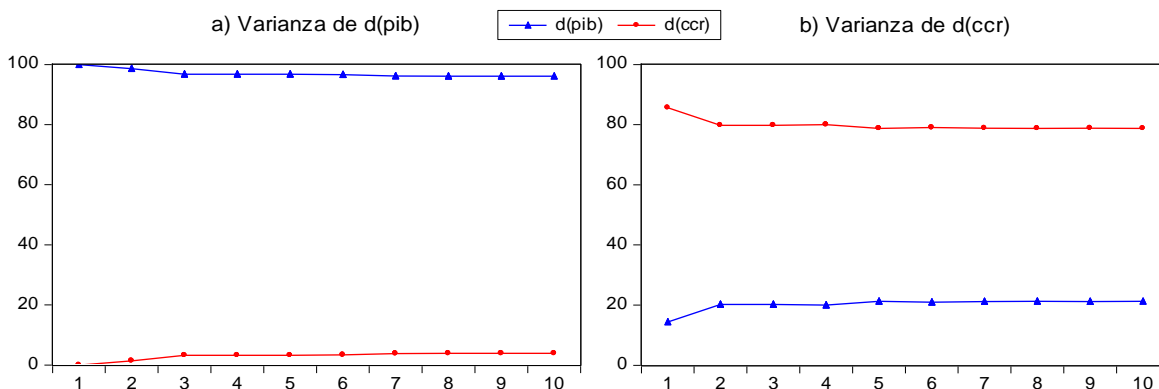


Gráficas 3.19.b. Respuesta de  $d(ccr)$   
 Funciones impulso-respuesta  
 [Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.]



Lo mismo pasa con la explicación de la varianza observada en la gráfica 3.20, donde el PIB explica el 21% de la varianza de la cartera del crédito, pero el crédito no es importante en la explicación de la varianza del PIB.

Gráfica 3.20. Descomposición de la varianza (pib, ccr)



Pero al analizar estos efectos individuales, es necesario el resultado de la causalidad de Granger: si bien la prueba conjunta F confiere poder de significancia al PIB en el crédito, la causalidad de Granger indica que por sí solas, las variaciones del PIB no causan al crédito, y además se confirma que el crédito no causa al PIB, como se puede observar en el cuadro 3.xiv. Así, los resultados de las funciones impulso-respuesta y descomposición de la varianza no son en virtud de la causalidad entre las variables.

Cuadro 3. xiv. Causalidad de Granger (pib, ccr)

<i>Causalidad</i>	<i>Chi – sq (prob.)</i>
$d(ccr) \rightarrow d(pib)$	1.9177 (0.7509)
$d(pib) \rightarrow d(ccr)$	2.3915 (0.6642)

El símbolo  $\rightarrow$  significa "causa a".

En la relación  $a \rightarrow b$ , la hipótesis nula es: la variable  $a$  no causa en Granger a la variable  $b$ .

Este resultado de nula causalidad se relaciona con la prueba Wald, la cual muestra que no existe significancia en alguno de los niveles de la estructura de los 4 rezagos.

### 3.5.2 Modelo VEC

Para estimar la relación de largo plazo entre el crédito de la cartera bancaria y el PIB, inicialmente se revisa la extensión de rezagos adecuada para las variables normalizadas a partir de su nivel, que son  $I(1)$ ; los criterios de selección AIC, SBC y HQC coinciden en que 1 rezago es adecuado.

En consecuencia, se comprueba que efectivamente existe un vector de cointegración entre las variables (en la tendencia lineal) con las pruebas de valor máximo y la traza, siguiendo la metodología de Johansen. De hecho, bajo la metodología Engle-Granger también se comprueba la cointegración de variables, al ser normales los residuos resultantes del modelo  $nor(pib) = \beta_0 + \beta_1 nor(ccr) + e_t$ , al tener un estadístico Jarque-Bera de 1.8826 con un p value de 0.3901, aceptando la hipótesis nula de normalidad en la distribución de los residuos.

El resultado de la ecuación de cointegración indica que el efecto de largo plazo del crédito en el PIB es positivo:

$nor(pib(-1))$	1.000000
$norm(ccr(-1))$	- 0.815356
	(0.04363)
$c$	- 0.005583

El vector de error de corrección, dado que el crédito bancario se preestablece como nuestra variable exógena, es el siguiente:

	$npib$
<i>Ecuación de cointegración</i>	- 0.053622
	(0.06321)
	[-0.84836]
$d(npib(-1))$	0.189538
	(0.13349)
	[1.41989]
$d(ncr(-1))$	0.286699
	(0.286699)
	[0.96774]

<i>c</i>	0.286699 (0.01772) [1.63305]
----------	------------------------------------

$$R^2 = 0.055747 (0.01005)$$

$$\text{Estadístico } F = 1.220126$$

Los resultados presentados tienen un buen ajuste, al no presentar problemas de autocorrelación (el menor p value obtenido fue de 0.0654 bajo la hipótesis nula de no correlación serial) ni heteroscedasticidad (estadístico Chi-cuadrada de 27.67 con un p value de 0.0673 para términos no cruzados, bajo la hipótesis nula de homocedasticidad), y aunque la falta de normalidad en los errores está presente (estadístico Jarque-Bera igual a 43.2954), no implica un problema en la estimación por las razones ya mencionadas.

Los resultados muestran que el coeficiente de velocidad de ajuste (-0.053622) no es significativo, lo que indica que no existe respuesta del PIB respecto a la brecha de corrección del error. Así mismo, los vectores de cointegración normalizados no son significativos, muestra de que, específicamente, la relación de largo plazo cuando consideramos al PIB como variable endógena, no es significativa.

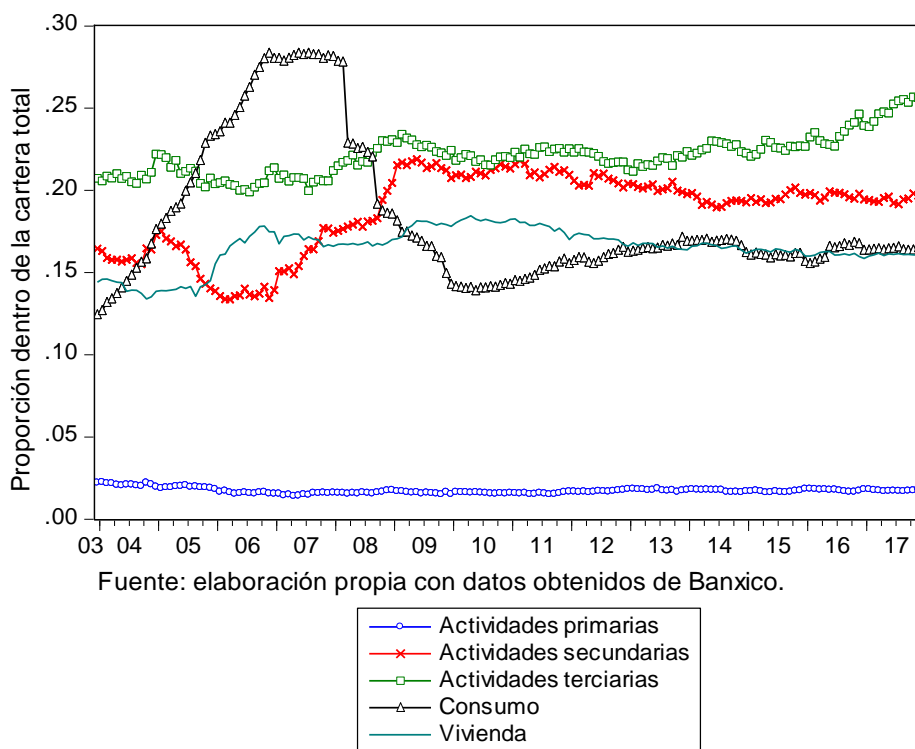
Esto se puede cotejar con los bajos valores del coeficiente  $R^2$  y del estadístico F (además, revisando las funciones impulso-respecto se observa un efecto poco importante, incluso menor que las respuestas de corto plazo, mismo resultado que en la descomposición de la varianza, -explica el 2% de las variaciones del PIB-).

### **3.5.3 Complemento de resultados**

#### *Crédito al sector privado no financiero*

En un primer análisis, se identifican los componentes del crédito al sector privado no financiero, que incluye a las empresas privadas no financieras (por actividades económicas) y los hogares (consumo y vivienda), como proporción en la cartera de crédito total en la gráfica 3.21, cuya información sólo se encuentra disponible desde diciembre de 2003.

Gráfica 3.21. Crédito al sector privado no financiero por actividad económica  
12/2003 - 12/2017



El crédito a las actividades primarias (agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza) es muy bajo dentro de la cartera de crédito de la banca comercial, llegando a representar sólo el 1.88% de ésta; sin embargo, el principal peso en la cartera bancaria son las actividades secundarias (minería, energía eléctrica, agua y gas, construcción, e industria manufacturera) y las actividades terciarias (comercio y diversos servicios).

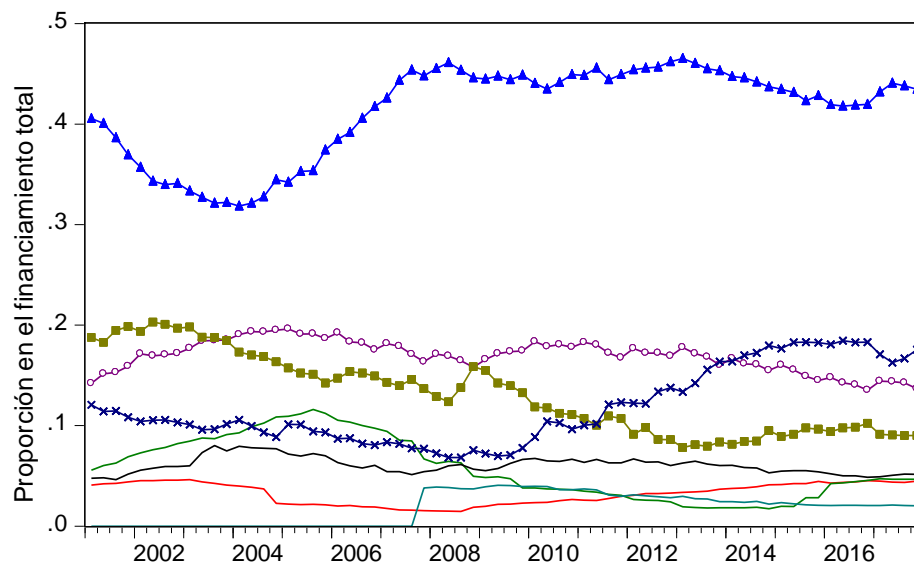
El crédito a las actividades secundarias después de la crisis del 2008 ha venido disminuyendo como proporción de la cartera total, aunque a ritmo lento, mientras el crédito a las actividades terciarias ha tomado un mayor peso, llegando a representar el 25% de la cartera total; el conjunto de estas dos actividades representó el 45.52% de la cartera de crédito total en diciembre de 2017.

Respecto a los hogares, el crédito a la vivienda se ha mantenido sin muchas variaciones, manteniendo un promedio de 15.52% de la cartera, mientras que el crédito al consumo sólo a partir del 2010 se ha mantenido constante alrededor del 16% de la cartera, cuando en 2007 había alcanzado el 28.34% de la cartera total.

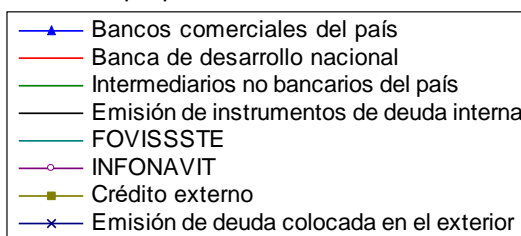
Sin embargo, la banca comercial no es la única institución que financia al sector privado no financiero, como se muestra en la gráfica 3.22 que muestra las diferentes fuentes internas y externas de financiamiento para este sector.



Gráfica 3.22. Fuente de financiamiento interno y externo del sector privado no financiero 2001Q01 - 2017Q04



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico.



La gráfica mencionada muestra que el sector bancario vía el crédito es la principal fuente de financiamiento del sector privado no financiero, pero a partir del 2008 se ha mantenido constante dentro del financiamiento total del sector, cuando la emisión de deuda en el exterior desde el mismo año ha venido en aumento. Cabe señalar el papel del Infonavit, cuyo financiamiento se orienta a la vivienda, que, si bien se nota una tendencia a la baja desde 2010, tiene un peso importante en el financiamiento total.

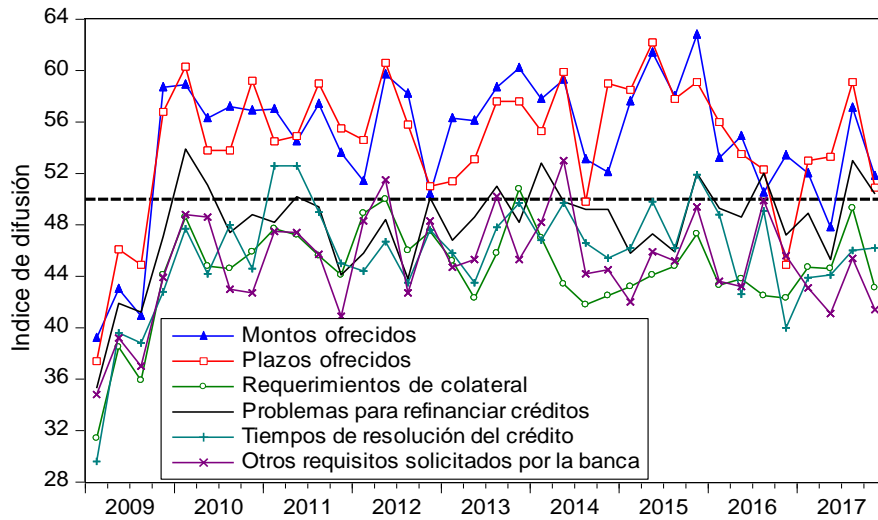
### *Condiciones del mercado crediticio*

En el apartado anterior se consideró el sector privado no financiero, que agrupaba el sector empresarial y los hogares. Pero uno de los factores que influyen en el crecimiento económico de mediano y largo plazo es la inversión, por esto se consideran las condiciones del mercado crediticio para el sector empresarial, cuya información sólo existe desde el 2009.

Las condiciones del mercado bancario en el fondeo de las empresas se pueden observar a través de los índices de difusión, que se generan de encuestas hechas a empresas sobre las condiciones del mercado crediticio. En las gráficas 3.23 y 3.24 se muestran las

condiciones del mercado y el costo en el mercado del crédito<sup>53</sup>, respectivamente, desde el primer trimestre del 2009.

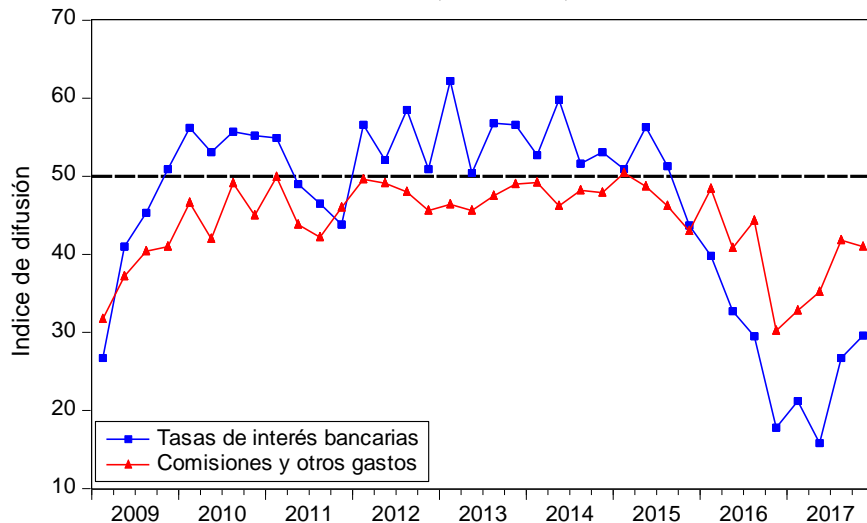
Gráfica 3.23. Condiciones del mercado crediticio  
2009Q01 - 2017Q04



Fuente: datos obtenidos de Estadísticas de Banxico.

En la primera gráfica mencionada (superior) se observa que la mayoría de las empresas que han disfrutado de créditos bancarios han estado satisfechas (índice mayor a 50) respecto a los montos y plazos del crédito en casi todo el periodo observado, pero respecto a los requerimientos de colaterales, la refinanciación del crédito, el tiempo de resolución, entre otros asuntos, la satisfacción es sólo para la minoría de empresas.

Gráfica 3.24. Condiciones del costo en el mercado crediticio  
2009Q01 - 2017Q04



Fuente: datos obtenidos de estadísticas de Banxico.

<sup>53</sup> El crédito bancario interno, de la banca comercial y de desarrollo, y externo.

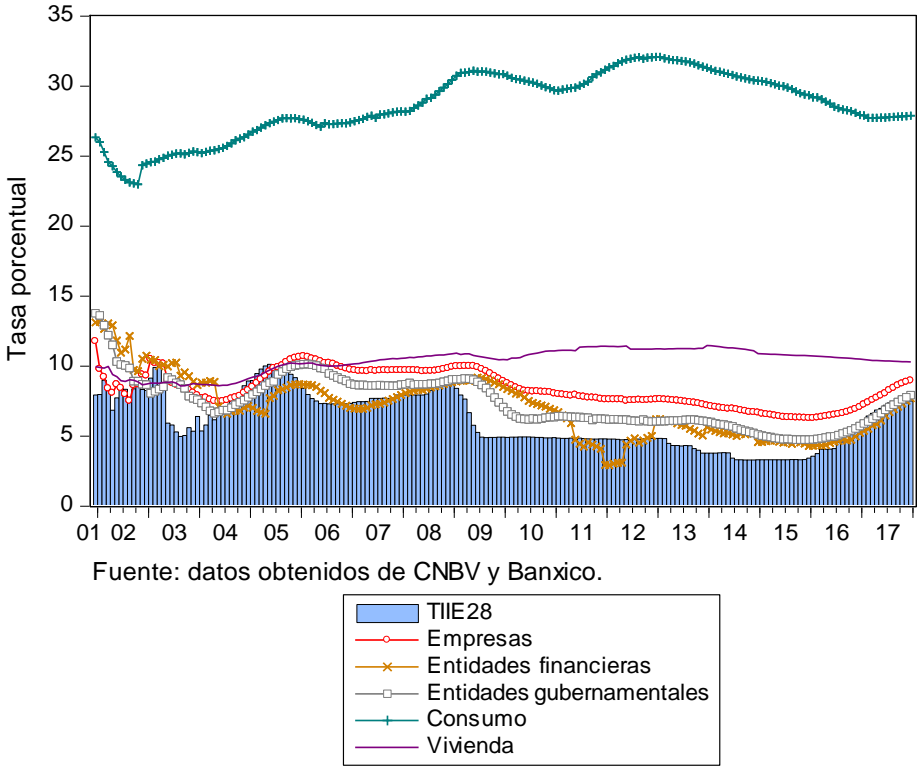
Respecto al costo del crédito, la mayoría de las empresas consideran muy alto el nivel de las comisiones y otro tipo de gastos en el periodo considerado, y desde finales de 2015 la mayoría de las empresas consideran que es excesiva la tasa de interés sobre el crédito pedido, condición que se ha mantenido hasta finales de 2017

*Sector empresarial y banca comercial nacional*

Observando la tasa de interés implícita en el crédito de la banca comercial (gráfica 3.25), la tasa de interés al consumo es la más alta en el periodo considerado, al ser de 28.65% promedio, siendo en estos términos el crédito más rentable para la banca, seguido por el crédito a la vivienda. También es importante observar el margen financiero, la diferencia entre la tasa de interés activa y la TIIE a 28 días, que desde finales de 2005 ha sido positivo para todos los créditos (excepto a entidades financieras en algunos periodos) y que se había estado agrandando hasta el año 2016, cuando la TIIE empieza a crecer.

Respecto al crédito a las empresas, es el tercero más rentable para la banca. La importancia del crédito al sector empresarial radica en el efecto de mediano y largo plazo que tiene sobre la economía: ante una mayor cantidad de recursos crediticios se puede aumentar la inversión, la producción futura y el empleo. Pero el acceso al crédito, su costo y su destino puede variar de acuerdo al tamaño de la empresa.

Gráfica 3.25. Tasas de interés implícitas  
12/2001 - 12/2017



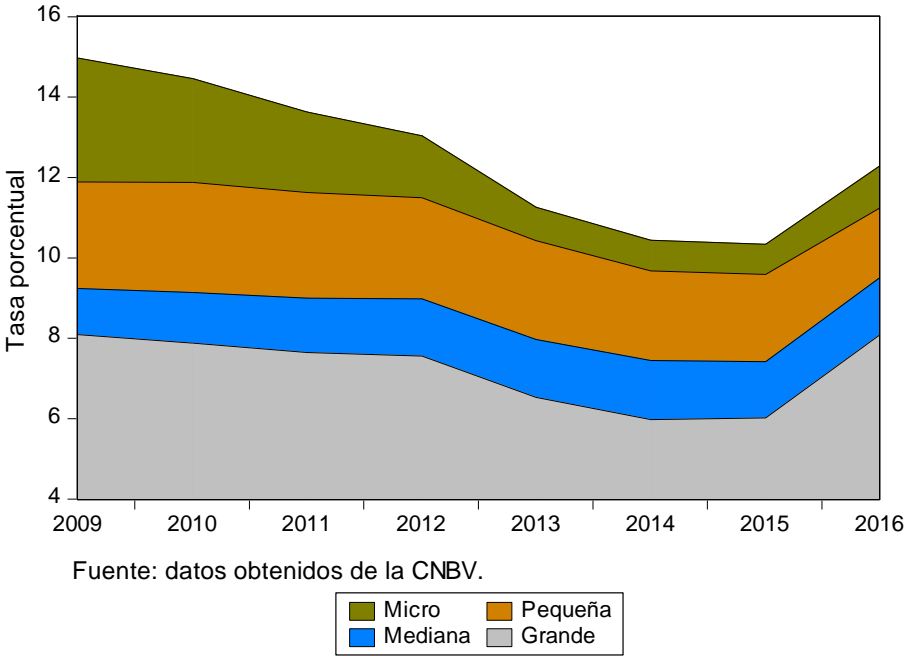
Respecto al espectro de empresas que se financian y los montos de créditos que obtienen, los resultados aún desequilibrados, han mejorado. De acuerdo con la Información de las

características de la cartera de crédito de la CNBV, del total de empresas que buscan financiamiento, las micro empresas son las que tienen mayor cantidad de crédito bancarios, pero han disminuido su importancia relativa: en 2009 representaban al 81% del total de las empresas, y en 2016 disminuyó a 74.3% del total; participación que fue compensada por las pequeñas empresas acreditadas, que en el mismo periodo pasaron a representar de 15.8 a 22.75% del total. Respecto a las empresas medianas y grandes su participación se ha mantenido baja, en promedio 1.55% para cada estrato.

Pero los resultados respecto a los montos del crédito son inversos a los números de empresas acreditadas. Los montos de crédito a grandes empresas representaron el 75.8% del total a empresas en 2016 (en 2009 era 79%); sin embargo, el crédito a micro y pequeñas empresas de menores proporciones, ha venido en aumento de 6.31 a 9.66% y de 8.52 a 10.9% de 2009 a 2016, respectivamente. Por lo que en el caso de micro empresas, indica que los menores créditos otorgados son de mayores cantidades año con año. Por otra parte, el crédito a las empresas medianas en el periodo siempre ha sido el más bajo y ha disminuido, de 6.21 a 3.64%.

En este punto, es necesario señalar las tasas de interés del crédito empresarial por tamaño de empresa, como se observa en la gráfica 3.26.

Gráfica 3.26. Tasa de interés por tamaño de empresa  
2009 - 2016



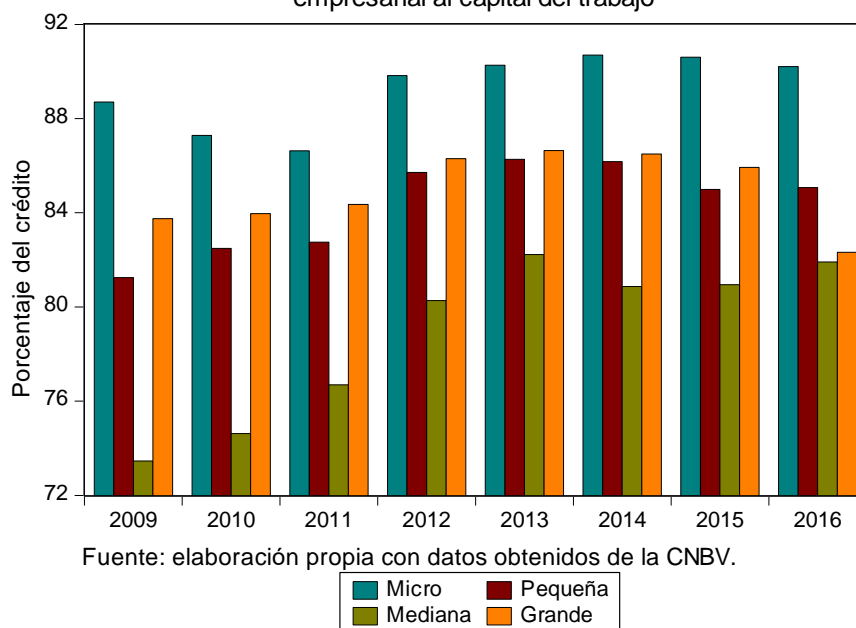
Es claro que, a menor tamaño de la empresa acreditada, mayor es la tasa de interés, indicando el mayor riesgo que presenta para los bancos prestarles a empresas pequeñas en relación a las grandes. Es destacable la relación de las tasas de interés con la gráfica 3.25 de los costos del crédito, indicando que las variaciones en las tasas de interés influyen en la relación entre las empresas y la banca comercial más que cualquier otra

variable: independiente del nivel de la tasa cobrada, los aumentos de la tasa de interés afectan la perspectiva en las actividades de las empresas.

De acuerdo con los datos mostrados, es necesario indicar el destino del crédito de acuerdo al tamaño de empresas, siendo importante el concepto de inversión, que, por una parte, para las MiPymes es un factor decisivo en su crecimiento empresarial y en consecuencia al empleo y producción final, y, por otra parte, para las empresas grandes, cuya mayor proporción de crédito otorgada sería vital para vincular a la banca comercial con el crecimiento económico.

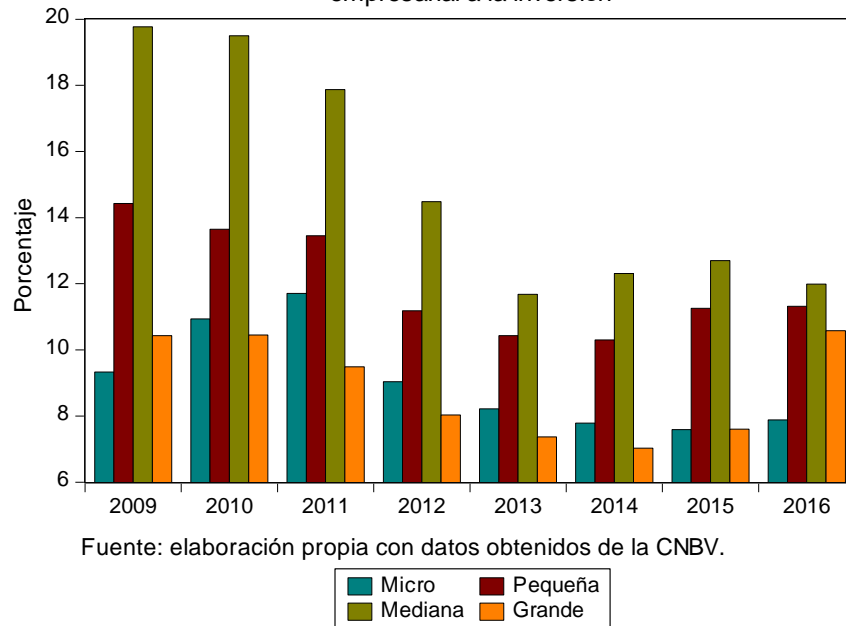
De acuerdo con la gráfica 3.27, el tamaño de la empresa no es un factor relevante que influya en el destino del crédito, que es mayormente utilizado para el pago del capital de trabajo: desde 2013 al menos el 80% del crédito al sector empresarial es destinado a pagar el capital de trabajo tanto en las MiPymes como en las grandes empresas, siendo que una parte de la proporción restante refiere al crédito destinado en general a la inversión, como se observa en la gráfica 3.27<sup>54</sup>: en 2009 el rango del crédito destinado a la inversión era de 9.33% - 19.77%, pero para el dato registrado en 2016 se redujo a 7.88% - 11.99%.

Gráfica 3.27. Destino del crédito en la cartera de actividad empresarial al capital del trabajo



<sup>54</sup> La inversión considera el activo fijo, proyectos de infraestructura, desarrollo inmobiliario comercial, desarrollo inmobiliario de vivienda, operaciones de arrendamiento financiero y operaciones de arrendamiento puro. El porcentaje restante no incluido en el capital de trabajo o la inversión refiere a la consolidación de pasivos, obras públicas y operaciones de factoraje financiero.

Gráfica 3.28 Destino del crédito en la cartera de actividad empresarial a la inversión



Ahora es cuestión de analizar si la banca comercial es la principal fuente de financiamiento del sector empresarial. De acuerdo con los datos trimestrales de la Encuesta de Evaluación Coyuntural del Mercado Crediticio, del Banco de México, en promedio de 2009 a 2017 el 80% de las empresas que se financiaron lo hicieron por medio de sus proveedores, siendo que en promedio sólo el 35% de empresas se financian por la banca comercial, lo cual indica que del total de las empresas en funciones en el país, sólo el 30.71% en promedio acuden a la banca por necesidades de financiamiento (70.87% del total de las empresas acuden con sus proveedores, 4.9% a la banca en el exterior, 4.57% a la banca de desarrollo, 2% por medio de emisión de deuda y 19.54% por empresas del grupo corporativo o matriz).

El coeficiente de correlación entre las principales series representativas del financiamiento empresarial, proveedores y banca comercial, es de -0.24, indicando que un crecimiento del crédito bancario se dio bajo una disminución en el financiamiento por proveedores en el periodo considerado, pero dicho coeficiente es bajo; de hecho, mientras en el primer trimestre de 2009 cerca del 80% de empresas se financiaban por proveedores, en el último trimestre de 2017 disminuyó a 73.5% de las empresas que necesitaron financiamiento, cuando para los mismos periodos, las empresas que se financiaban por la banca comercial aumentó de 27.9 a 35.5% del total de las empresas que necesitaron se financiamiento<sup>55</sup>.

Es importante señalar dos cuestiones sobre el crédito a empresas y el crédito al consumo. En primer lugar, analizando la causalidad de Granger entre el PIB, el crédito a empresas,

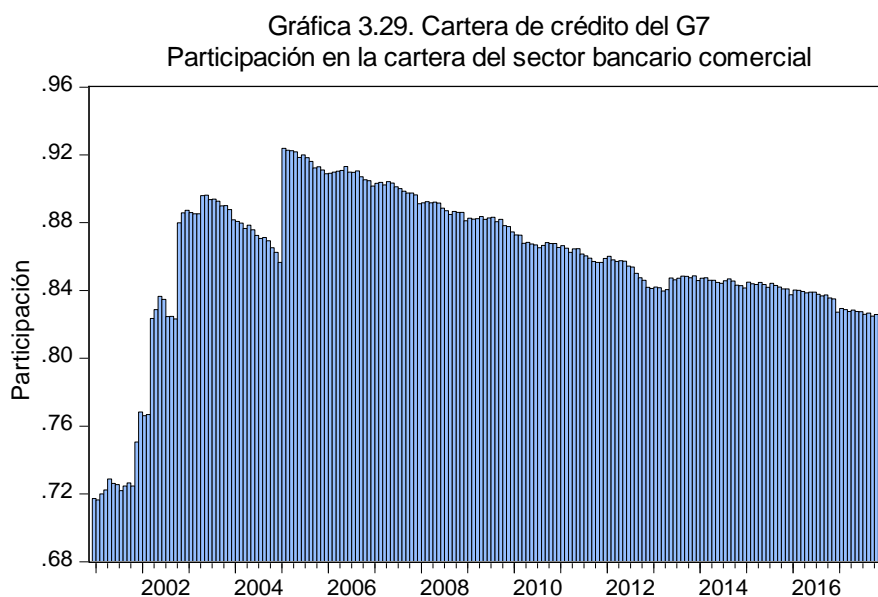
<sup>55</sup> En esta misma encuesta se indica que en 2009 en promedio se financiaban el 93% del total de empresas, en 2017 el promedio disminuyó a 84%.

el crédito a la vivienda y el crédito al consumo<sup>56</sup>, resulta que sólo el crédito al consumo causa al PIB, mientras el crédito a las empresas y el crédito a la vivienda no impulsan al PIB.

Y, en segundo lugar, el impulso del crédito al consumo al crecimiento económico sólo es positivo en el corto plazo: el primer periodo después de un aumento del crédito al consumo el PIB es cero, en los periodos 2 y 3 impulsa al PIB de forma creciente, en periodos 4 y 5 sigue el impulso pero con menor fuerza, pero a partir del periodo 6 el efecto es negativo, de tal manera que a partir del periodo 17, cuando el efecto del crédito al consumo sobre el PIB es prácticamente nulo, el efecto acumulado indica que el efecto global es sólo del 18% del efecto positivo que llega hasta el periodo 5, que, de acuerdo con la información obtenida, se debe al alto costo del crédito, teniendo que destinar una cantidad importante de ingreso futuro para cumplir con obligaciones financieras.

#### *Concentración y cobertura nacional del crédito*

El grupo denominado G7 de la banca comercial que incluye a los bancos más importantes del país, BBVA Bancomer, Citibanamex, Banorte, Santander, HSBC, Inbursa y Scotiabank, en conjunto dominan la cartera de crédito del país, como se presenta en la gráfica 3.29.



Fuente: elaboración propia con datos de CNBV.

La participación total de la cartera de crédito del G7 en la total ha venido a la baja desde 2006, pero a finales de 2017 todavía controlaba el 82.17% de la cartera total. A pesar del

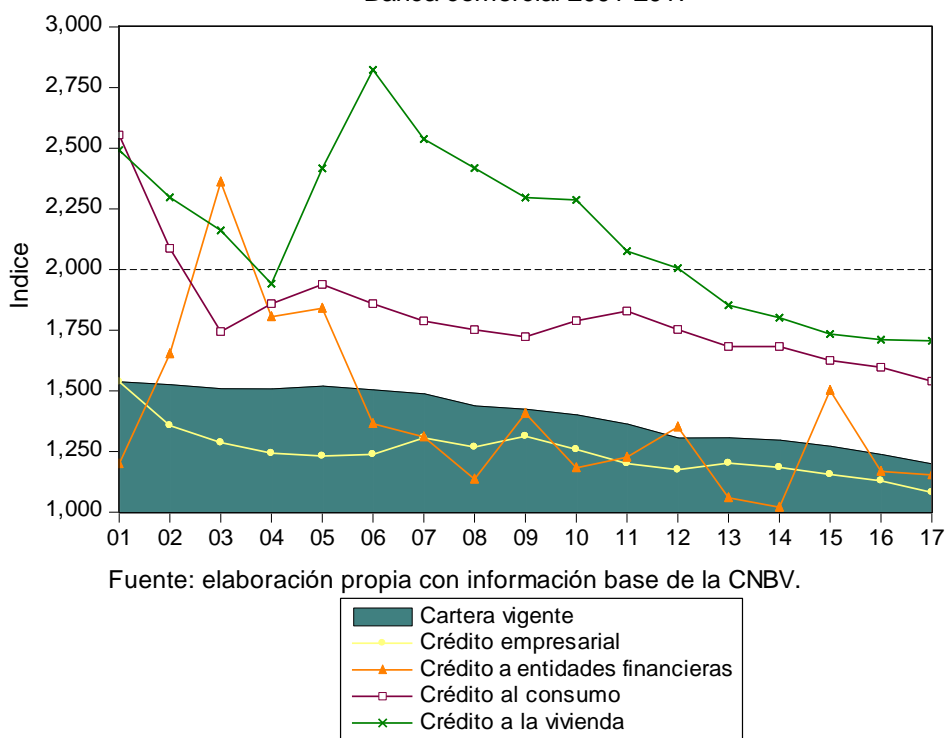
<sup>56</sup> Modelo VAR con 4 rezagos sin problemas de autocorrelación ni heteroscedasticidad, con raíces menores a la unidad. Las variables trimestrales son a precios constantes base 2013Q1=100, y son I(0) y estacionarias en primera diferencias, siendo necesario la aplicación del logaritmo natural para el crédito a empresas.

alto dominio en la cartera de crédito por estos 7 bancos, no implica necesariamente concentración de mercado.

De acuerdo con el Índice Herfindahl – Hirschman (IHH) expuesto en la gráfica 3.30, utilizado por la Comisión Federal de Competencia Económica para medir la concentración de mercado, siendo que un valor del IHH mayor a 2000 indica concentración de mercado (DOF, 2015), después del año 2012 el crédito a la vivienda dejó de estar concentrado por algunas instituciones bancarias del país dentro del propio sector, y el crédito a entidades financieras y al consumo dejó de estar concentrado por algunos bancos después del 2003.

El crédito a las empresas, así como el crédito en general, no ha estado concentrado en todo el periodo considerado, y tienen una tendencia a la baja. Esto es un signo positivo para la banca privada del país, ya que como se observó en la gráfica 3.22, es la banca comercial el intermediario financiero más importante del país.

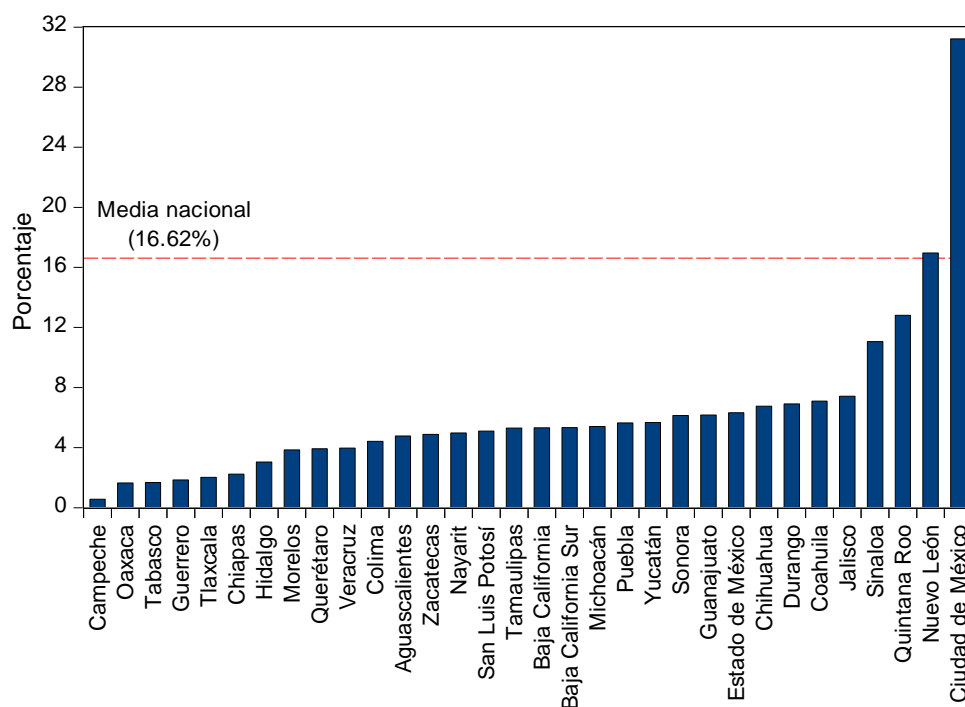
Gráfica 3.30. Índice Herfindahl - Hirschman  
Banca comercial 2001-2017



Por otra parte, el crédito otorgado a cada estado del país puede indicar un problema de cobertura del crédito de la banca comercial. En la gráfica 3.31 se observa claramente que en el promedio de 2004 a 2016, la proporción crédito a PIB en la Ciudad de México es casi el doble que el promedio nacional. Esta proporción también es mayor al promedio nacional en el estado de Nuevo León, pero para el resto de las 32 entidades federativas restantes, dicha proporción es inferior al promedio nacional, siendo que el promedio nacional es el doble que la proporción crédito a PIB en 28 entidades.

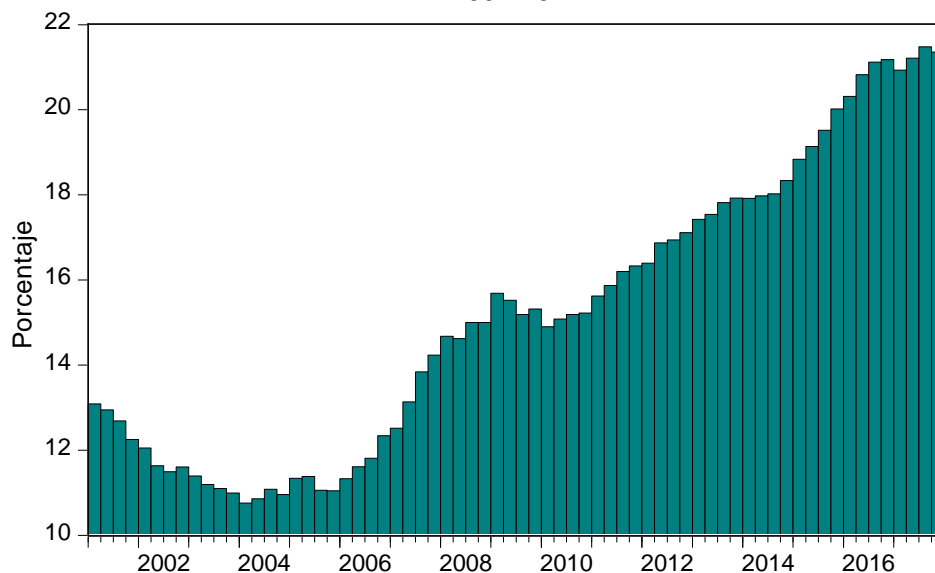


Gráfica 3.31. Proporción crédito a PIB por entidad federativa  
Promedio 2004 - 2016



Fuente: elaboración propia con datos de CNBV e INEGI.

Gráfica 3.32. Relación crédito de la banca múltiple a PIB  
2001-2017



Fuente: elaboración propia con datos de CNBV e INEGI.

Dado que algunos de los datos para el análisis se obtuvieron desde el 2009, es válido pensar que esto podría influir en una única dirección a favor de la nula relación entre el crédito y el PIB. Sin embargo, en contraposición a esta idea se menciona que la relación

crédito total a PIB a partir del 2010 ha estado creciendo de forma constante, como se muestra en la gráfica 3.32, lo que da una sólida base al análisis presentado.

Cabe señalar que, independiente del crecimiento acelerado del crédito de la banca comercial en relación al PIB, dicha proporción es muy baja en comparación con otros países, indicando la baja profundización financiera en el país. Por ejemplo, el crédito interno en Francia es mayor al 90% de su PIB desde 2008. Por otra parte, en países como Japón, Portugal, España, Países Bajos y Noruega tienen un crédito interno mayor al 100% de su PIB; en países como Suecia, Reino Unido y Corea dicha proporción supera el 130%; y en Suiza, China y Dinamarca supera el 150%, de acuerdo con datos del crédito interno al sector privado otorgado por bancos para 2016 y 2017, proporcionados por las estadísticas del Banco Mundial<sup>57</sup>. En México, la proporción crédito interno a PIB fue de 27% para 2017.

#### **3.5.4 Análisis de resultados**

El crédito de la banca comercial no impulsa al PIB. La evidencia empírica para el caso mexicano muestra que en el comportamiento del crédito bancario y el comportamiento del PIB para el periodo 2000-2017 no existe una relación de causa y efecto.

Desde una perspectiva macroeconómica, las actividades secundarias y terciarias son las que obtienen la mayor cantidad de crédito de todo el sector bancario, superando al crédito recibido por las actividades primarias, el consumo y la vivienda, siendo la banca comercial la principal institución financiera en el otorgamiento de crédito al sector privado no financiero, lo que le permite tener un papel central en el financiamiento de las actividades de mayor peso en la economía.

Sin embargo, de acuerdo con las condiciones del sector bancario, que bien pueden ser un reflejo de la banca comercial del país, los principales problemas que encuentran los prestatarios al financiarse por dicho sector refieren a las altas comisiones, y otros cobros, así como los aumentos en la tasa de interés.

De hecho, la tasa de interés implícita en el crédito al consumo es la más alta que la banca comercial cobra en los distintos segmentos de su cartera, siendo en promedio 3.5 veces mayor a la tasa cobrada a las empresas en general: si bien se favorece el consumo presente al otorgar crédito y así la demanda de bienes y servicios en el país en el corto plazo, en el futuro la tasa de interés influye de forma negativa en los ingresos netos de los individuos, afectando así su consumo futuro en buena medida, y en consecuencia al crecimiento económico. Lo que implica el crédito al consumo es restringido por su costo en el efecto directo que tiene sobre la actividad económica.

---

<sup>57</sup> El crédito interno al sector privado por bancos refiere a través de préstamos, la compra de valores diferentes a las acciones, créditos comerciales y otras cuentas por pagar, que establecen un activo para el banco.

Cuando se habla del sector empresarial, cuyos ingresos se relacionan con el crecimiento económico, observamos que las tasas de interés que cobra la banca a dicho sector dependen del tamaño de la empresa que requiere financiamiento, entre más pequeña es la empresa mayor es el riesgo de incumplimiento en relación a empresas más grandes, lo que lleva a los bancos a cobrarles una tasa de interés mayor. Ésta puede ser una de las razones de que para el 80% de las empresas que necesitan financiamiento de corto plazo, sean sus propios proveedores una opción para financiarse, limitando el vínculo entre el crédito bancario y la actividad económica. Hecho al que se agrega que, ya sea una necesidad de financiamiento de corto o largo plazo, del total de empresas existentes del país, sólo el 30.71% en promedio tienen una relación crediticia con la banca comercial.

Al considerar el destino de los créditos que reciben las empresas, es evidente que el crédito se encuentra desvinculado con la actividad económica de mediano y largo plazo, ya que el pago de capital de trabajo es el principal destino del crédito que recibe una empresa, y no la inversión. Esto deriva en que para el caso de las micro y pequeñas empresas el crédito bancario sea para su propia subsistencia, y para empresas medianas y grandes, el crédito sea sólo un asunto de la temporalidad de los ingresos que reciben por sus productos finales o servicios.

Respecto a la propia banca, se observa que, si bien el G7 domina gran parte de la cartera de crédito en el país, no existe concentración del sector. Por otra parte, el crédito como proporción del PIB ha estado creciendo de forma acelerada, resultando en una relación alentadora, pero actualmente aún no es lo suficientemente grande para impulsar el crecimiento económico, como se refleja en la comparación de la proporción crédito interno a PIB de México respecto a países desarrollados, en los cuales llega a ser mayor a 100%.

Cabe agregar que el crédito que ofrece la banca comercial en México está centralizado impidiendo que recursos necesarios lleguen a todas las actividades productivas a lo largo del país, lo que impide tener un enlace del crédito y el crecimiento económico regional, que en última instancia sustentaría el posible desarrollo de las actividades económicas. En el mejor caso posible se esperararía que las necesidades de recursos crediticios requeridos para cada negocio dentro de cada actividad económica fueran satisfechas.

### **3.6 Panorama general de la tecnología financiera en el sector bancario comercial**

El avance tecnológico moderno dentro de la vida de la población ha sido profundo. El inicio de la era digital o de la era informática nos remonta al año 1970, cuando las computadoras se adoptaron de forma general, teniendo un mayor impacto en la vida cotidiana años más tarde, en 1991, con la aparición del World Wide Web, el internet, punto en que el desarrollo digital avanza a un nivel mayor al facilitar el intercambio (y, por ende, el mayor acercamiento) de información.

Este desarrollo digital e informativo trajo consigo la aparición de empresas innovadoras, como las compañías de comercio a través de internet, Amazon (1994), eBay (1995) y Alibaba (1999), sólo por mencionar algunas.

En el ámbito financiero, el análisis de datos, las plataformas para transacciones de pagos, los aparatos de comunicación, entre otros, han tenido un papel fundamental para acercar a las personas a este sector, especialmente a la banca. En la historia financiera digital es importante retomar algunos hechos: en 1995 Wells Fargo otorgaría por primera vez en el mundo cuentas en línea, y en 2005 aparecerían los primeros bancos sin sucursales físicas. Una empresa importante que surgió en la década de los 90 traería un concepto vital para el sector financiero moderno: en 1998 se crea Paypal (en ese entonces Confinity), que surge para atender las necesidades crecientes de servicios de pago en internet mediante tarjetas bancarias.

Más tarde, la tecnología mejoraría y abarataría los servicios y procesos de la actividad bancaria (Rojas, 2016): la tecnología digital y dispositivos móviles se sobrepusieron a la red de distribución física, que también influyó en la disminución de costos de operaciones en línea y en la disminución de costos de ampliación de mercado y distribución; además, la captura, almacenamiento y procesamiento de datos se abarató y creció con la expansión de la capacidad de los microprocesadores, la computación en la nube y los teléfonos inteligentes.

Sin embargo, la innovación tecnológica que se presenta actualmente en las empresas modernas Fintech está superando la tecnología de la banca comercial en cumplir con las expectativas y necesidades financieras de las personas.

En datos mencionados por Rojas (2016) en su trabajo sobre la revolución de las empresas Fintech y el futuro de la banca, muestra que en países desarrollados el 75% de los jóvenes responderían mejor a la oferta de servicios financieros de empresas como Amazon, Google o PayPal que a la de un banco, siendo que un 33% del total de los jóvenes piensa que no necesitan un banco, y que el motivo principal que los llevaría a utilizar servicios de estas empresas no bancarias o las recientes Fintech sería por la facilidad de abrir y manejar una cuenta (43%) y por tasas y comisiones más atractivas (15%).

Pero la situación es diferente en los mercados emergentes, en donde los países tienen un sistema bancario débil con una infraestructura de sucursales poco desarrollada y un alto porcentaje de población no bancarizada.

A las nuevas demandas financieras de la sociedad que no son satisfechas por completo por la banca comercial, se suman los problemas actuales de este sector con sus clientes. De acuerdo con datos de la Condusef para México, mencionados el Reporte Nacional de Inclusión Financiera del Consejo Nacional de Inclusión Financiera (2017), de 2011 a 2016 las reclamaciones a los bancos han aumentado de 1.9 a 3.6 millones, siendo que para este último año, el origen de las reclamaciones fue en la terminal punto de venta (1.4

millones), seguido por el comercio en internet (776 mil), movimientos generados por el banco (588 mil), los cajeros automáticos (334 mil) y el comercio por teléfono (260 mil). Siendo la primera causa de reclamación el cargo no reconocido por consumos efectuados (2.4 millones). Agregando a lo anterior, la mayoría de las reclamaciones operativas se mantuvieron en un promedio de 0.7 millones anuales de 2011 a 2016, cuando las reclamaciones imputables a un posible fraude en promedio anual fueron de 1.65 millones, con el dato más llamativo para 2016, cuyas reclamaciones por este último concepto ascendieron a 2.7 millones.

En este contexto, el crecimiento potencial de las empresas tecnológicas Fintech en México, y su colaboración con el sector bancario, es grande debido a la alta penetración de los celulares en la sociedad, el número de personas que se mantienen sin un producto bancario, la mala percepción de la banca, el creciente comercio electrónico, entre otros.

#### *Empresas Fintech y el futuro de la banca comercial*

A las empresas del sector Fintech en México se les reconoce como Instituciones de Tecnología Financiera (ITF), las cuales son instituciones de financiamiento colectivo e instituciones de fondos de pagos electrónicos. Dicho sector en esencia refiere al conjunto de empresas no financieras que usan la tecnología digital y herramientas asociadas (computación en la nube, blockchain, big data, inteligencia artificial, redes sociales, etc.) para prestar servicios financieros a consumidores y empresas de una forma innovadora y bajo nuevos modelos de negocio (Rojas, 2016).

Los segmentos de mercado a los que se dirigen estas empresas se pueden agrupar de la siguiente forma (Silva y Ramos, 2017):

- I. Financiamiento colectivo o crowdfunding (incluye transacciones de deuda, capital y recompensas). Agrupa a las plataformas que permiten realizar préstamos a personas físicas y empresas. Incluye el financiamiento en el que el prestamista adquiere participación en el capital.
- II. Dinero electrónico, pagos y transferencias. Mezcla el pago con su gestión, que le da valor agregado a la transacción y reduce de manera importante los costos de transacción.
- III. Gestión de finanzas personales (incluyendo crédito, ahorro, seguros, inversiones y derivados, así como plataformas de educación y cultura financiera).
- IV. Plataformas de desarrollo, conocidas también como Sandbox (en una etapa inicial de operaciones en la implementación de algún otro tipo de modelo que implique innovaciones tecnológicas).

Bajo estas características, la nueva tecnología financiera facilita las transacciones financieras, y aumentaría la inclusión financiera ya que las Fintech no necesitan de una estructura física en comparación con los bancos, lo que a la vez implica menores costos de operación que se traducen en ventajas para el consumidor final. Además, el análisis de

grandes datos les permite tener un mejor conocimiento de la nueva demanda y las necesidades de sus clientes actuales y clientes potenciales, además de permitirles hacer una mejor evaluación de riesgos.

Parte fundamental de la operación de las empresas Fintech radica en la regulación del sector, que además de impulsar al sector financiero para promover el crecimiento económico, permitiría limitar operaciones financieras de riesgo. Es por esto que la iniciativa de Ley para Regular las Instituciones de Tecnología Financiera de México, se basa en los siguientes principios (Silva y Ramos, 2017):

- Inclusión e innovación financiera
- Promoción de la competencia
- Protección al consumidor
- Preservación de la estabilidad financiera
- Prevención de operaciones con recursos de procedencia ilícita

Sin embargo, debido a que los servicios de las empresas Fintech usan la infraestructura de los bancos y sus procesos tienen base en las cuentas y tarjetas de crédito de dichos bancos, estas instituciones financieras pueden encontrar en el sector Fintech una expansión de su mercado, de sus productos y una disminución de sus costos en todas las áreas de sus procesos y servicios.

En esta era digital con un papel fundamental de las empresas Fintech, varias tendencias se combinan para definir la banca del futuro (Rojas, 2016):

- Migración hacia la banca digital. Servicios rápidos, en línea y transacciones en tiempo real, dada la preferencia de clientes por canales digitales, en especial por los canales móviles.
- Acceso a servicios a través de canales interconectados (computadora, celular, sucursal).
- Papel de las sucursales. Las sucursales como complemento de canales digitales, y su evolución hacia centros de educación y asesoría financiera personalizada.
- Servicios a la medida del cliente. Los bancos deberán manejar herramientas de análisis que le permitan anticipar las necesidades de sus clientes y acompañarlos en sus principales decisiones financieras.
- Bancos como plataformas abiertas: los bancos abrirán sus plataformas tecnológicas a empresas externas, especialmente Fintech, tengan la posibilidad de acceder a sus bases de datos o a otros módulos de los sistemas centrales y puedan desarrollar nuevos servicios basados en los datos obtenidos de clientes y transacciones.
- El modelo de negocio. Evolucionar a un modelo centrado en el producto a un modelo centrado en el cliente.
- La modernización de la plataforma tecnológica.

Los bancos pueden utilizar ampliamente la innovación abierta con el fin de colaborar con las empresas Fintech, lo que supone abrir la empresa para adquirir tecnología y conocimiento generado fuera de la organización. También implica abrir la propiedad intelectual de la organización y sus activos para generar nuevas ideas y oportunidades de negocio. El mercado Fintech debe de ser el sector que evolucione la actividad bancaria para bien de la población y de las empresas que buscan financiamiento más barato y aquellos sectores excluidos de los beneficios del financiamiento.

### **3.7 Conclusiones del capítulo**

La banca comercial, o banca múltiple, como se conoce actualmente, se conformó en México a partir de la reprivatización y extranjerización del sector bancario a finales de la década de 1990. El comportamiento de esta nueva banca en el contexto económico desde el año 2000 ha estado influida por factores nacionales como internacionales, y la interrelación de éstos.

Como primera parte del análisis práctico, se estudiaron series bancarias y otras que se relacionaban a la actividad bancaria. La cartera de crédito real, los ingresos por intereses, la tasa de interés, el índice de la actividad industrial y el IPC son variables que se ajustaron en una estructura ARCH por tener una varianza no constante al diferenciarse; la inversión en valores, el tipo de cambio, el INPC y el PIB se diferenciaron para ser estacionarias, a excepción de la TIIE, que es estacionaria sin alguna transformación.

En el primero modelo multivariante que trata sobre el canal del crédito, se observa que la TIIE influye en los ingresos por intereses del crédito de la banca con el objetivo de afectar a la inflación: una reacción directa por parte de la TIIE ante variaciones de los ingresos por intereses de la banca comercial. Pero debido a que la inflación es afectada por otros factores, y dado que los cambios producidos en la TIIE consideran las expectativas a futuro y un objetivo inflacionario, la relación entre la tasa de interés y la inflación implica un canal del crédito no funcional.

Respecto a la inversión en valores, la hipótesis se comprueba, ya que la banca puede establecer un vínculo con la actividad de las empresas. La inversión en valores se puede dividir en la compra de deuda y la adquisición de acciones; por la primera vía influye positivamente en el comportamiento del sector industrial de forma indirecta ya que asegura una fuente de financiamiento de empresas medianas y grandes; y la compra de acciones influye en la valuación de mercado de las empresas promoviendo su financiamiento sin aumentar sus pasivos; por ambas vías el aumento de la inversión tienen un papel importante que junto a la actividad empresarial inciden de forma positiva en el índice industrial.

Pero en relación a la actividad tradicional de la banca, el crédito, no existe un vínculo, de corto o largo plazo, con la actividad económica del país, lo que refuta la hipótesis inicial. Las razones son diversas. En primer lugar, el crédito al consumo sólo impulsa el

crecimiento económico en el corto plazo, pero en el mediano plazo dicho impulso se desvanece por el efecto negativo que tiene la tasa de interés, la cual es 3.5 veces mayor que la tasa de interés cobrada al sector empresarial.

Por otra parte, el crédito total otorgado al sector empresarial es utilizado principalmente para el pago de capital de trabajo, y una proporción menor a la inversión: en el año 2016 las empresas destinaban al menos el 80% del crédito bancario al pago de capital de trabajo. Siendo esto una de las razones principales de la nula influencia del crédito bancario en el crecimiento económico, cuando la inversión es clave en el crecimiento económico.

Otros de los factores que se mostraron como fundamentales en la explicación de la desvinculación entre el crédito bancario y la actividad económica son: las comisiones altas que se tienen que pagar y los aumentos de las tasas de interés que afectan en especial a las MiPymes, las cuales tienen que pagar una tasa mayor a la que pagan las grandes empresas; la principal fuente de financiamiento de empresas son sus propios proveedores, siendo casi el triple de empresas que se ha financiado por esta vía que por la banca comercial; la centralización del crédito, específicamente orientado a la Ciudad de México; y la baja profundización del crédito bancario en la economía, que el último trimestre de 2017 llegó a ser 21% del PIB.

En este contexto de la banca, es importante aprovechar las nuevas tecnologías financieras que permitan aumentar la profundización financiera y disminuir los costos de operación y de servicios del sector bancario. Lo que impulsaría aún más el crédito bancario, con base al cual se podrían mejorar las expectativas de ingresos netos de los agentes económicos que se financian por la banca comercial mexicana.



## Conclusiones y reflexiones finales

El presente trabajo estuvo trazado sobre tres bases de la economía: la teoría, la estructura matemática, y el análisis real. En el primer capítulo, la primera base mencionada, se observó que, dentro de cada teoría, la ortodoxa y la heterodoxa, las ideas varían de autor en autor y las conclusiones de la relación directa entre la actividad bancaria y la actividad económica dependen de los supuestos que se utilizan para construir determinada teoría.

La teoría económica es un primer paso para explicar la vida económica y financiera. De acuerdo con las propias relaciones sociales, económicas, y financieras internas, así como las relaciones exteriores y el conjunto de políticas públicas, cada país adquiere características específicas que hacen necesario evitar la generalidad de una estructura teórica y en consecuencia analizar a fondo las particularidades.

Pero la especificidad no sólo tiene implicaciones en las ideas de los teóricos de la economía, sino también en el análisis matemático. El estudio en series de tiempo trata de encontrar relaciones (así como de pronosticar) de una variable respecto a sus propios rezagos y de otras variables. Si es a través de rezagos de la misma serie, el comportamiento pasado de la serie es la generalidad del estudio, pero la particularidad radica, a partir del último dato, en el comportamiento replicativo del pasado. Si es a través de los rezagos de otras series, el comportamiento de éstas es la generalidad, pero la particularidad radica en el comportamiento futuro de las variables señaladas como exógenas que puede diferir del mostrado hasta ese momento.

Si bien muchos de los eventos inesperados pueden involucrarse dentro de márgenes de confianza dado una distribución de probabilidad determinada, o dentro de márgenes de pronóstico, así como en un efecto “en promedio” entre variables y rezagos, hay hechos que están fuera del alcance de estas medidas, como los son los cisnes negros: ¿Hasta qué punto lo que conocemos, o hasta qué punto nuestra experiencia, o las herramientas que utilizamos de estimación y predicción, son suficientes y eficientes para poder adelantarnos a los hechos y de esta forma saber si las relaciones obtenidas en los resultados se mantendrán?

Los cisnes negros son eventos que no se pueden predecir, pero que tienen un gran impacto en la vida económica; ejemplo de ello fue la crisis financiera de Estados Unidos que tuvo repercusiones económicas graves a nivel mundial a finales de 2008, afectando a todas las variables involucradas en el análisis del presente trabajo, tanto en comportamiento individual como, posiblemente, en la interrelación sostenida hasta ese momento.

Debido a esto, se precisó mencionar que las relaciones resultantes de los modelos aplicados se dieron al concebir al periodo como un todo, como un *promedio*, con resultados satisfactorios en cuestión de veracidad. Esto no limita el poder que tiene el análisis econométrico, y en específico las series de tiempo, ya que las relaciones entre variables *dentro* del periodo temporal son precisas; pero al igual que la teoría, los

supuestos están implícitos: se pueden tomar decisiones o hacer pronósticos con base en los resultados obtenidos bajo el supuesto de que todo va a seguir igual al periodo de análisis considerado.

A partir de las precisiones anteriores, y en unión a las ideas teóricas, se introduce el análisis puro. En una primera instancia, es destacable que la TIIIE, la tasa de referencia para diversos productos bancarios y que determina el banco central, no está explicada de forma directa por la inflación y ésta no es explicada por la TIIIE, cuando se esperaría lo contrario, ya que también se obtuvo una relación directa e importante entre la TIIIE y los ingresos por intereses de la banca comercial, constituyendo, en teoría, un canal del crédito.

En esencia, la conclusión a dichos resultados radica, en un primer nivel, en las expectativas a futuro y el objetivo de inflación del banco central, y en un segundo nivel, al control de la actividad tradicional bancaria en su posición activa tradicional.

Cuando el banco central tiene un objetivo de inflación, y el comportamiento general de los precios de la economía, en sus datos mensuales, y más aún en el dato acumulado anual, no proporcionan el sustento estadístico de que la inflación anual terminará en un nivel alejado del objetivo de inflación, la política monetaria no se traduciría en movimientos de la tasa de interés. Ahora, si la inflación reflejada en el índice general muestra que la inflación a final de año será mayor al objetivo, aún no es un motivo suficiente para aumentar la tasa de interés, ya que el valor mensual o acumulado mostrado puede estar influido principalmente por el factor no subyacente.

La inflación no subyacente contiene los precios de productos agropecuarios, energéticos y tarifas autorizadas por el gobierno, por lo cual este dato no influye sobre la inflación de mediano y largo plazo, sino que sólo produce efectos que se consideran de corto plazo. En este sentido, la política monetaria tomaría el efecto inflacionario como transitorio, sin alterar la tasa de interés. Pero si el efecto inflacionario proviene del factor subyacente, que refleja el aumento de precios de mercancías y servicios, la expectativa de inflación podría modificar la política monetaria: en este caso, la política estaría afectada tanto por valores pasados inmediatos y las expectativas de inflación.

En un segundo nivel, se llegó al resultado de una causalidad con efecto positivo en doble sentido entre la TIIIE y los ingresos por intereses del crédito de la banca comercial. Esto indica que ante un aumento de la tasa de interés interbancaria los ingresos por intereses de la banca comercial aumentan, lo que se traduce en un aumento de la tasa de interés activa; pero a la vez, ante un aumento de los ingresos por intereses del crédito bancario comercial, que dada una tasa de interés activa se produce por un aumento de créditos, la tasa de interés interbancaria aumenta. La explicación de esto se orienta a que, si bien la TIIIE no sigue un comportamiento definido con la inflación, sus propios aumentos sí inciden en el crédito bancario, que en última instancia influye en la demanda de bienes y servicios, pero su efecto en la inflación dependería justamente del efecto agregado de

dicha demanda (que no necesariamente es hacia bienes finales). La interpretación de si la autoridad monetaria se interpone en el crecimiento del crédito a través de su costo es tema de otros trabajos, pero sí se puede mencionar que no se cree que este sea el caso, sino que más bien la función de la TIIE depende de eventos fuera de una ocurrencia *normal* y de eventos no bancarios, que, a pesar de esto, influye en el crédito bancario.

Cabe agregar a este modelo otro resultado importante, pero inesperado, debido al comportamiento del tipo de cambio en los años 2015 y 2016. Dicho resultado es la nula causalidad del tipo de cambio hacia la inflación general, ya que podría esperarse que, dado la relevancia de la importación de bienes en la producción nacional (de acuerdo a las cifras del INEGI, desde el año 2000 la balanza de bienes intermedios ha sido negativa con un comportamiento acelerado, a diferencia de las balanzas de bienes de consumo y de capital, que son positivas), una apreciación del dólar frente al peso afectara de forma positiva a la inflación.

Una de las razones principales deviene de la autoridad monetaria. Quien al mantener como objetivo final una meta de inflación, sostiene una política monetaria eficiente y creíble que lleva a los agentes de la economía, en especial los empresarios, a considerar los efectos del tipo de cambio como transitorios, siendo que el consumidor final no llega a percibir un aumento en los precios de bienes y servicios tiempo después de una variación cambiaria en el sentido de depreciación del peso frente al dólar.

Otra de las razones de la nula causalidad del tipo de cambio hacia la inflación se relaciona con el comercio exterior. Al saber que nuestro principal agregado de importaciones es de bienes intermedios que sirven para la producción de productos de bienes para el consumo interno y para la exportación, entonces la importancia del precio del dólar disminuiría. Observando el país de procedencia de nuestras importaciones, Estados Unidos es el país del que más importamos bienes, sin embargo, su importancia a lo largo del tiempo ha disminuido por la mayor importación de bienes asiáticos de nuestro país. Si retrocedemos hasta 1993, el 69% de nuestras importaciones provenían de Estados Unidos, y sólo el 12% de países asiáticos; pero en 2017 sólo el 42% de nuestras importaciones provinieron de Estados Unidos y 38.5% de países asiáticos. Esto, sin duda, aumentaría la importancia del tipo de cambio de monedas asiáticas frente al peso, disminuyendo, en consecuencia, la importancia del tipo peso dólar en cuestión de la inflación causada por la relación comercial internacional.

Sin embargo, es preciso señalar los efectos financieros que en última instancia traerían consecuencias en el precio pagado por bienes externos por medio de la revaloración de las divisas. El periodo a destacar es sobre todo el año 2016, año del proceso de las campañas que terminarían en elecciones presidenciales en Estados Unidos a finales de este año. La especulación de los inversionistas en el tipo de cambio peso-dólar reflejaban el posible efecto negativo sobre la economía mexicana que traería la victoria de Donald

Trump por diversas razones, que incluían un muro físico de fronteras y un muro no tangible en lo comercial.

Ante dicha especulación, el peso se depreció en términos del dólar, lo que más tarde influiría en el aumento la tasa de interés interbancaria y la inflación en México. Respecto a los resultados obtenidos, no se esperaría una reacción de dichas variables como la que se dio por la variación cambiaria, pero esta variación sobrepasó las medidas de los modelos que subsisten sobre una distribución de probabilidad normal, lo que llevaría a que las variables tuvieran un comportamiento diferente a lo esperado. Debido a esto, es importante considerar el comportamiento de las variables una vez precisado el modelo, esperando un comportamiento normal de las variables consideradas que den un sustento significativo de la estimación.

Ahora, es importante mencionar la relación de la inversión de valores de la banca comercial sobre la actividad económica. La inversión en valores que incluye tanto la compra de deuda y de capital tiene una relación directa con el IPC de causalidad única, es decir, la inversión en valores causa al IPC, pero el IPC no causa a la inversión en valores.

Este primer resultado es importante para después concluir con el efecto que se tiene sobre la actividad económica. La posibilidad que existe de que tanto la compra de deuda y de capital por parte de la banca influyan en el índice bursátil que considera sólo el comportamiento del capital deviene, en un primera instancia, del poder que tiene el monto total invertido de la banca que influye de forma positiva en el índice, y en segunda instancia, en que la adquisición de deuda corporativa por parte de la banca comercial permite a las empresas que se financiaron por esta vía tanto invertir como mantener sus actividades de corto plazo, lo que influye en los resultados de los fundamentales de la empresa y que en última instancia afectan el IPC, dada la valuación de todas las empresas hacia donde se puede diversificar la inversión bursátil, cada vez que se publican los resultados trimestrales.

También se sabe que el efecto del IPC en la inversión en valores es poco importante y no significativo, la razón de ello es que la banca puede tomar dos actitudes al invertir, una pasiva y una activa: la primera es invertir en el índice, lo que hasta cierto punto implicaría que su inversión estaría influenciada de forma positiva por el IPC (lo que nos llevaría a considerar las estrategias de inversión), pero dicha postura es de largo plazo, reduciendo el posible efecto mencionado; pero si toma una posición activa, donde su objetivo es obtener mejores resultados que el benchmark de mercado (el IPC) al invertir en un conjunto de empresas (que bien su comportamiento fundamental puede explicar en proporción su comportamiento en el mercado de valores), resulta claro que el IPC no podría influenciar a la inversión de valores de la banca, pero ésta al IPC sí (dado que las empresas en las que se decide invertir se consideran para la construcción del IPC), y en

consecuencia el comportamiento en el mercado real de las empresas puede afectar las decisiones de inversión bursátil de la banca.

En consecuencia, queda por ahondar en los resultados que se relacionan a la actividad económica, es decir, sobre el índice industrial. Los resultados de que tanto el IPC y la inversión influyan de forma directa y significativa en el índice industrial, así como el resultado de que el índice industrial en conjunto con la inversión valores sean significativos en la explicación del IPC, se explicaron de un efecto indirecto, que refiere a un efecto parcial directo y parcial indirecto.

El efecto directo parcial refiere a todo aquel efecto que tiene la inversión en valores (deuda y capital) en las empresas del ramo industrial que cotizan en la bolsa, y el efecto parcial indirecto refiere al efecto que tiene la inversión en valores sobre empresas que no se encuentran en el ramo industrial, pero cuyo aumento de actividades (inversión y producción) traen consigo un aumento de la producción industrial. De esta manera el efecto indirecto que se alude entre la relación de la inversión en valores y el índice industrial refieren a la parcialidad del efecto sobre el ramo industrial que cotiza en la bolsa y al efecto que se da sobre la inversión y producción de empresas, tanto las industriales como las no industriales. En consecuencia, el ramo industrial a través de buenos resultados en sus fundamentales confirma un efecto positivo sobre el IPC, y en sentido contrario, del IPC al índice industrial.

En concordancia con las empresas que necesitan financiamiento, que incipientemente se ha mencionado que las empresas que tienen más años cotizando en bolsa ya no necesitan financiamiento externo, pero las de reciente cotización no generan el efectivo suficiente para cubrir sus necesidades de inversión, se debe señalar que es justamente el papel que se busca del financiamiento por medio de mercado de valores: la banca comercial como compradora de deuda y capital de empresas, puede generar los fondos necesarios que lleven a la madurez de las empresas en el largo plazo, y así generen ingresos suficientes para cubrir sus necesidades de inversión y sus compromisos con los inversionistas.

Es necesario señalar que el efecto positivo de la inversión en valores de la banca sobre el índice industrial, si bien no es grande, sí es significativo. La lógica radica en que el índice industrial sólo estaría explicado en el presente trabajo por las empresas que cotizan en la BMV. Pero en este enlace significativo entre la inversión bancaria de valores y la actividad industrial se desprende la necesidad de aumentar el número de empresas que cotizan en la bolsa.

Es fundamental que las empresas medianas se incluyan, y que decidan hacerlo bajo la creación de un gobierno corporativo, inicialmente en el mercado de deuda para satisfacer sus necesidades de financiamiento. En el presente, esta perspectiva ha mejorado, debido a la creación de la Bolsa Institucional de Valores (BIVA), la nueva bolsa en México cuyo objetivo es atraer un mayor número de participantes para impulsar el crecimiento del mercado de valores, que tendrá operaciones a la par de la BMV, cuya atracción para las

empresas se sostiene en la cotización en ambas bolsas, donde las órdenes de comercio seguirán los principios de la mejor ejecución.

Aunque también debe señalarse el hecho de que la banca no es la única institución que, a través del mercado bursátil, se relaciona con el dinamismo económico del sector privado: en el mercado de valores con una gran diversidad de participantes, la banca tiene un papel importante, aunque no único. al punto que no se puede descartar su influencia positiva en el sector industrial a través de la BMV.

Por otra parte, y en contraposición a los resultados anteriores, los resultados del crédito en la actividad económica no fueron los esperados en cuanto al planteamiento de la hipótesis al inicio del trabajo. Es destacable que, en términos del crédito total, la banca comercial es la institución líder a nivel nacional e internacional para el sector privado no financiero del país (en promedio 45% del financiamiento total en este rubro es proporcionado por la banca comercial dentro del país). Sin embargo, los resultados presentados indican que el comportamiento del crédito de la banca comercial es poco importante y no es significativo en la explicación del comportamiento del PIB. La raíz de esto radica en el crédito al sector privado no financiero: el crédito al sector empresarial y el crédito al consumo.

En primer lugar, es preciso señalar que se encontró una relación positiva y significativa del crédito al consumo sobre el PIB. Pero el efecto positivo que tiene sobre el PIB es de corto plazo, con una duración de sólo 5 periodos posteriores en el PIB tras el aumento en el crédito al consumo; pero a partir de este periodo, y hasta el periodo que deja de tener un efecto importante en el PIB, el crédito al consumo presenta un efecto negativo sobre el PIB que, como se menciona, se debe al alto costo del crédito, que es en promedio 3.5 veces mayor a la tasa de interés cobrada al sector empresarial: el resultado muestra que del efecto potencial que el crédito al consumo puede aportar al crecimiento del PIB, 82% es absorbido por el costo del crédito. Lo que implica un efecto positivo completo de poca importancia del crédito hacia el PIB. Esto nos lleva a temas que sobrepasan a este trabajo, por ejemplo, por qué se tienen estas tasa de interés al consumo, qué tipo de personas son a las que se le cobra dicha tasa, de tal manera que en el plazo que deben de pagar el principal y los intereses no llegan a tener los suficientes ingresos propios tales que no compensan la pérdida de consumo futuro por el costo del interés, y al tema de las características de las personas que quedan fuera de la inclusión financiera en este ramo.

En segundo lugar, se comprobó que el crédito al sector empresarial no financiero no es significativo para explicar el comportamiento del PIB. Un primer acercamiento en la explicación de este resultado implica la penetración del crédito en el sector empresarial: de acuerdo a las cifras obtenidas, del total de las empresas en operaciones en el país, en promedio de 2009 a 2017 sólo el 30.71% de éstas acude a la banca comercial por financiamiento: lo que implica que el 70% de empresas no recurre a la banca por

financiamiento (si es que lo necesita), expresando una baja probabilidad de que el crédito ejerza una influencia positiva sobre el PIB.

En segunda instancia, es importante destacar el destino del crédito bancario en el sector empresarial, lo cual es un factor que se agrega a la desvinculación del crédito bancario y el PIB. Al menos el 80% del crédito bancario es destinado al pago de trabajo cualquiera que sea el tamaño de la empresa, y el crédito destinado a la inversión ha disminuido en proporción al total, de un máximo de 19.77% a 11.99% de 2009 a 2016. Lo que además de ser una proporción baja en relación al capital de trabajo, dicha proporción es cada vez menor.

Ahora, dentro del sector empresarial, son sus propios proveedores la principal fuente de financiamiento, siendo que en promedio el 80% de las empresas que se financian acuden a ellos. Sin embargo, esto no indica una mejoría en cuestión de expectativas de crecimiento a las empresas, ya que, así como se acude a la banca comercial para financiar mayoritariamente su capital de trabajo, los proveedores en general sólo financian sus actividades de corto plazo. Es decir, que el coeficiente de correlación negativo de -0.24 entre el financiamiento de la banca comercial y el de proveedores es una muestra de complemento entre estos dos más que excluyente, al ser un financiamiento de corto plazo, y no para la inversión, siendo este último concepto el que suscitaría que el financiamiento promueva el crecimiento económico. Así, el financiamiento de la banca comercial es necesario sólo para la subsistencia de las empresas de menor tamaño, y un apoyo para las empresas de mayor tamaño en cuestión de la temporalidad de sus ingresos. En consecuencia, dentro del tema de la relación entre el financiamiento de la banca comercial y al actividad empresarial, se deben considerar los temas de las proyecciones de los dueños de las empresas no financieras de acuerdo a sus expectativas de negocios y la innovación en sus actividades y productos, que los lleven, en primera instancia, a tener mayores decisiones de inversión; temas que además deben considerar la dinámica de la demanda agregada, en la cual influyen las características del mercado nacional y el papel del mercado internacional.

Otro de los factores que apoyan los resultados obtenidos en el modelo del crédito de la banca comercial y el crecimiento económico radica en la tasa de interés activa, la cual es inversa al tamaño de la empresa: entre más pequeña se considera la empresa, mayor es la tasa de interés que se cobra en relación a una empresa más grande. Lo cual implica un mayor destino de los ingresos futuros de empresas micro y pequeñas para el cumplimiento de sus compromisos crediticios, disminuyendo sus ingresos netos y en consecuencia sus oportunidades de crecimiento, cuya realización influye en el crecimiento económico.

Sin embargo, el desarrollo de las actividades de la banca también influye en la ausencia de fomento al crecimiento económico. Si bien parte de la banca de nicho es fundamental en la inclusión financiera, y se sabe que no existe concentración del crédito en la banca

comercial (IHH < 2,000), es el G7 bancario quien tiene la mayor participación de mercado. Esto influye en el mercado objetivo del crédito, que, en el segmento regional, es la Ciudad de México, y que junto a Monterrey son las entidades que en la relación crédito a PIB superan al promedio nacional, lo cual implica que las posibles necesidades de financiamiento que la banca comercial puede llegar a cubrir en la extensión del territorio nacional, no son satisfechas, sino que son sólo para algunas entidades las que se deciden incluir en los mayores beneficios del crédito.

Sin embargo, el gran crecimiento del crédito de la banca comercial en relación al PIB en los últimos años es un factor que podría otorgar en el futuro un papel significativo a la banca comercial en el crecimiento económico del país. De esta posible relación futura se nos presentan factores clave, siendo importante la adopción de las empresas Fintech al sector bancario, las cuales, además de promocionar el acceso al sector financiero a nuevas generaciones, permitiría aumentar la inclusión financiera y reducir los costos de operación y de servicios que influya en un mayor valor del crédito destinado a la inversión y en el aumento del efecto potencial del crédito al consumo en el crecimiento económico.

Pero el crecimiento económico no sólo es resultado del crédito nacional. La importancia del mercado interno como motor de crecimiento económico debe generarse a partir de políticas industriales, agropecuarias, de comercio exterior y laborales, teniendo a la política fiscal y monetaria cumpliendo con objetivos en función de que se alcancen los resultados de mejores expectativas, y la realización de éstas, en el crecimiento de ingresos de individuos y empresas que aportan al crecimiento económico.

Esto no indica que el crédito bancario quede supeditado, en cuanto a impulsar a la actividad económica se refiere, al comportamiento de políticas públicas y de desarrollo privado, sino que el crédito bancario, así como la inversión de valores que desarrolle el financiamiento a través del mercado de valores, deben de ser el complemento que acompañe el crecimiento y posteriormente el desarrollo económico nacional.



## Referencias

1. Banco de México, **Glosario de términos**. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html>
2. Banco de México (2008): **Informe Anual**. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/indexpage.html>
3. Banco de México (2009): **Informe anual**. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/indexpage.html>
4. Banco de México (2016): **Informe trimestral**: Octubre – Diciembre. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/trimestral-inflacion/indexpage001.html>
5. Carstens, A. (2015): **El tipo de cambio y la economía mexicana**, Banxico. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/dyn/publicaciones-y-discursos/discursos-y-presentaciones/discursos/%7B8AA4C2F3-4236-D575-C887-E7FBEEA2651F%7D.pdf>
6. Chatfield, C. (1996): **The Analysis of Time Series An Introduction** (Capítulo 1 y 2), Londres, Chapman & Hall/CRC, Quinta Edición.
7. Chiang, A. (1984): **Fundamental Methods of Mathematical Economics** (Capítulo 16), Estados Unidos, McGraw-Hill, Tercera Edición.
8. Consejo Nacional de Inclusión Financiera (2017): **Reporte Nacional de Inclusión Financiera 8**. Disponible en: <https://www.cnbv.gob.mx/Inclusión/Documents/Reportes%20de%20IF/Reporte%20de%20Inclusion%20Financiera%208.pdf>
9. Comisión Nacional Bancaria y de Valores: **Glosario de términos**. Disponible en: <http://www.cnbv.gob.mx/Paginas/PortafolioDeInformacion.aspx>
10. Capistrán, C., Ibarra, R. y Ramos, M. (2011): **El traspaso de los movimientos del tipo de cambio a los precios: un análisis para la economía mexicana**, Banco de México, Working Papers, No. 2011-12.
11. Correa, E. y Maya, E. (2002): **Expansión de la banca extranjera en México**, compilado en el libro “Crisis y futuro de la banca en México”, UNAM-IIE, 1ra edición, México.
12. Cortés, J. (2013): **Estimación del traspaso del tipo de cambio a los precios en México**, *Monetaria*, Julio-Diciembre.
13. Cryer, J. y Chan, K. (2008): **Time Series Analysis With Applications in R** (Capítulo 6), Springer, Nueva York, Segunda Edición.
14. Enders, W. (2014): **Applied Econometric Time Series**, Estados Unidos, Wiley, Cuarta Edición.
15. Engle, R. (2001): **GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics**, *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 15, No. 4, pp. 157-168.

16. Fisher, I. (1912): **The Purchasing Power of Money**, The McMillan Company, New York.
17. Fisher, I. (1930 [1999]): **La teoría del interés**, Madrid.
18. Galindo, L. y Ros, J (2006): **Banco de México: política monetaria de metas de inflación**, Revista Economía UNAM, vol. 3, núm. 9, diciembre.
19. Graziani, A. (2003): **The monetary theory of production**, Cambridge University Press, Reino Unido.
20. Greene, W. (2003): **Econometric Analysis** (Capítulo 20), Estados Unidos, Prentice Hall, Quinta Edición.
21. Guillén, H. (2000): **La teoría de la sobreinversión en Hayek**, en revista *Comercio Exterior*, Banco Nacional de Comercio Exterior, 50 aniversario, V. 50, No. 12, Diciembre, pp. 1107-1115.
22. Hernández, F. y Villagómez, A. (2013): **El enigmático sistema bancario mexicano contemporáneo**, Centro de Estudios Espinosa Yglesias, 1ra edición, México (capítulo 6).
23. Hayek, F. A. [1931 (2008)]: **Prices and Production and other works**, Ludwig Von Mises Intitute, Alabama.
24. Keynes, J. M. (1930 [2010]): **Tratado sobre el Dinero**, Editorial Síntesis, España.
25. Keynes, J. M. (1936 [1984]): **Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero**, Fondo de Cultura Económica, México.
26. Keynes, J. M. (1937a): **Alternative theories of the rate of interest**, The Economic Journal, vol. 47, june, No. 186, pp. 241-252.
27. Keynes, J. M. (1937b): **The “ex ante” theory of the rate of interest**, The Economic Journal, vol. 47, No. 188, December, pp. 663-669.
28. Kirchgässner, G. y Wolters, J. (2007): **Introduction to Modern Time Series Analysis** (Capítulos 2, 4 y 5), Springer, Berlín, Primera Edición.
29. Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P. y Shin, Y. (1992): **Testing the null hyphotesis of stationarity againts the alternative of a unit root**, *Journal of Econometrics*, vol. 54, pp. 159-178.
30. Levy, N. (2013): **Dinero, Estructuras Financieras y Financiarización**, UNAM-FE-ITACA, México.
31. Mankiw, G (2006): **Macroeconomía**, Antoni Bosch, 6ta edición, España.
32. Mantey, G. (1997): **Lecciones de Economía Monetaria**, UNAM, México.
33. Mendenhall, W., Beaver, R. y Beaver, B. (2010): **Introducción a la probabilidad y estadística** (Capítulos 3 y 7), Cengage Learning, México, 13va edición.
34. Minsky, H. [1975 (2008)]: **John Maynard Keynes**, McGraw-Hill, Estados Unidos, 1ra edición.
35. Minsky, H. [1992 (2010)]: **La Hipótesis de la Inestabilidad Financiera**, Revista de Economía Crítica, No. 9, primer trimestre.
36. Pérez, C. (2006): **Econometría de las Series Temporales**, Pearson Education, Madrid, Primera Edición.

37. Pérez, O. (2012): **El traspaso del tipo de cambio a los precios: una aproximación al caso de México**, Economía Informa, Núm. 376, septiembre octubre, pp. 61-74.
38. Perrotini, I. y Ortiz-Zarco, R. (2018): **Efectos del traspaso inflacionario del tipo de cambio a la inflación: Canadá, Estados Unidos y México, (1990-2015)**, Economía, Sociedad y Territorio, vol. XVIII, número 56, pp. 233-258.
39. Rojas, L. (2016): **La revolución de las empresas Fintech y el futuro de la banca**, CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, Serie políticas públicas y transformación productiva, No. 24. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/976>
40. Rochon, L.P. (1999): **The creation and circulation of endogenous money: A circuit dinamique approach**, Journal of Economics Issues, Vol. 33, No. 1, Marzo, pp. 1-21.
41. Secretaria de Gobernación (2014): **Reforma Financiera, explicación ampliada**, promulgada el 9 de enero. Disponible en: <http://reformas.gob.mx/reforma-financiera/que-es>
42. Silva, A. y Ramos, M. (2017): **La evolución del sector Fintech, modelos de negocio, regulación y retos**, Fundación de Estudios Financieros, Documento de Coyuntura.
43. Solís, R. (1999): **Banco Central y tasas de interés: un ensayo sobre las teorías de Wicksell, Thornton y Hawtrey**, UAM-IPN, México.
44. Solorza, M. (2008): **Nueva banca en México. Incorporación de sectores populares al financiamiento**, Economía Informa, No. 355, pp. 108-120.
45. Tello, C. (2007): **Estado y desarrollo económico: México 1920-2006**, 2da edición, UNAM, México. Capítulos II.C y VI.K.
46. Tsay, R. (2014): **Multivariate Time Series Analysis** (Capítulos 1 y 2), Estados Unidos, Wiley, Primera Edición
47. Turrent, E. (2007): **Historia sintética de la banca en México**, Banco de México. Disponible en Material de Referencia del sistema financiero de Banco de México: <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/basico/%7BFFFF17467-8ED6-2AB2-1B3B-ACCE5C2AF0E6%7D.pdf>
48. Warman, F. (2015): **Manejo del balance bancario en México**, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (CEMLA), Documentos de Investigación, México.
49. Wicksell, K. (1936, [1962]): **Interest and Prices**, Sentry Press, New York.
50. Wicksell, K. (1907): **The influence of the rate of interest on prices**, The Economic Journal, Vol. 17, No. 66, pp. 213-220.
51. Zamarripa, G. y Sánchez, J. (2016): **¿Cómo financian su inversión las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores?**, Fundación de Estudios Financieros (FUNDEF), México.

