

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



CRÉDITO BANCARIO EN EL CICLO ECONÓMICO DE MÉXICO, 2003-2019: UNA  
APLICACIÓN DEL ALGORITMO BRY-BOSCHAN Y EL FILTRO DE KALMAN

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA

RICARDO IVÁN CARPIO FRAGOSO

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. GUSTAVO ADOLFO DEL ÁNGEL MOBARAK

*A mis padres.*

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a:

*mi asesor, el Dr. Gustavo Adolfo del Ángel Mobarak, por sus enseñanzas y experiencia,  
mi lector, el Dr. Marcelo Delajara, por su asesoría, atención y disponibilidad,  
todos los profesores de la División de Economía,  
mis padres, por su amor, apoyo y comprensión,  
mis familiares y amigos,  
todos mis compañeros del CIDE, A.C.*

## **Resumen**

*Las variables representativas del crédito en México del periodo de 2003-2019 mantuvieron una relación tendencial positiva muestral de largo plazo con respecto al Producto Interno Bruto a precios de 2018Q2, resultado obtenido de la aplicación del algoritmo Bry-Boschan. Dicha interdependencia tiene una longitud temporal de 113 meses, en promedio. Un comportamiento sincrónico entre estas series de tiempo también es visto en el corto plazo a través del filtro de Kalman. La magnitud de esta sincronía está entre 9.5% y 12.2%, para los portfolios crediticios representativos de la cartera vigente total, la cartera directa vigente, la cartera al consumo y la cartera a la vivienda. Estos resultados econométricos apoyan las posturas que vinculan el crédito bancario con el crecimiento económico, la inversión, las tasas de ahorro y la innovación en una conexión proporcional y directa.*

*Palabras clave: Crédito mexicano, algoritmo Bry-Boschan, filtro de Kalman.*

*Clasificación JEL: C22, C32, E51, G21, G28*

# Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Revisión de literatura . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Análisis de datos</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Aplicación del filtro de Kalman</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>27</b>
	<b>Referencias</b>	<b>30</b>

# Lista de figuras

2.1	Cartera vigente total de México, 2003-2019 . . . . .	15
2.2	Cartera directa vigente de México, 2003-2019 . . . . .	16
2.3	Componentes de la cartera directa vigente de México, 2003-2019 . . . . .	17
2.4	Cartera directa vigente al consumo de México, 2003-2019 . . . . .	17
2.5	Cartera directa vigente a la vivienda de México, 2003-2019 . . . . .	18
2.6	Cartera directa vigente a las empresas de México, 2003-2019 . . . . .	19
2.7	Cartera a intermediarios no bancarios de México, 2003-2019 . . . . .	19
2.8	Producto Interno Bruto real de México, 2003-2019 . . . . .	20
3.1	Esquema del filtro de Kalman . . . . .	24

# Lista de tablas

2.1	Ciclos de crédito en México, 2003-2019. Indicador base 2008M9 . . . . .	14
3.1	Comovimiento entre crédito y producto en México, 2003-2019. Base 2008M9 .	25

# Capítulo 1

## Introducción

El estudio de la dualidad capital financiero-productivo siempre ha tenido un gran impacto en la sociedad debido a su relación directa con el mantenimiento de los niveles de consumo y bienestar de los agentes en una economía a largo plazo. La magnitud de la inversión que los actores económicos pueden sostener depende de un buen manejo del riesgo crediticio. Los sistemas financieros tienen un impacto directo sobre tasas de crecimiento, tasas de ahorro, innovación tecnológica y decisiones de inversión (Levine, 1997); aunque en la academia hay argumentos que mencionan que su inadecuada gestión puede provocar inestabilidad financiera. Ante esta situación, mediante el análisis del comportamiento de los mercados de crédito y real, será posible determinar la solvencia macroeconómica y el empleo de factores productivos en grandes y pequeñas empresas.

En general, existen artículos que documentan un vínculo econométrico positivo entre el desarrollo del sistema bancario y aquellas variables relacionadas con el crecimiento económico de largo plazo, como la productividad y la acumulación de capital (Levine y Zervos, 1996). No obstante, hay menos investigación sobre la relación entre la evolución de las variables financieras y el producto durante el ciclo económico. Más aún, no se conoce lo suficiente sobre si los sucesos de fuerte expansión de crédito están relacionados con recesiones bancarias inmediatas (Bedoya,



2017). En vista de este disenso, el adecuado desarrollo de la investigación teórica y empírica acerca de la evolución en el tiempo del crédito bancario debe de dirigirse hacia sus características y comportamientos representativos.

Este tema es importante porque, según explica Vara (1998), el incremento del consumo y la inversión se puede llevar por contratos, tanto de depósito como de préstamo. En este segundo caso, la expansión crediticia podría conllevar a la agitación y desgaste de la estructura del capital a causa de la disminución de los tipos de interés, circunstancia que haría encarecer los nuevos proyectos de inversión y la producción a largo plazo. Sin embargo, otros autores explican de qué manera ambas actividades económicas pueden sostenerse de forma mutua e interdependiente. Levine (1997), por ejemplo, expone un vínculo sinérgico entre las economías financiera y productiva mediante cinco funciones de las actividades bancarias con impacto en la economía real, a saber: soporte institucional, corrección de información asimétrica en los mercados financieros, gerencia financiera, provisión de recursos líquidos y activa participación en la división macroeconómica del trabajo.

El presente documento se centra en aportar información cuantitativa de la conducta del capital crediticio mexicano, en el que se dan argumentos a favor de la sincronía entre dicha variable y el producto nacional. Las regularidades de interés fueron encontradas mediante el análisis descriptivo de ciclos y la determinación del grado de comovimiento entre las series de tiempo de los valores reales de los contratos de crédito y el producto real de la economía mexicana de 2003Q1 a 2019Q4, entendiendo como comovimiento al nivel bajo el cual las fluctuaciones de estas estadísticas están relacionadas entre sí. Se determinará el grado en que el ciclo crediticio es explicado por el ciclo del producto mexicano, en relación con las tesis de Levine (1997) y Vara (1998) del crédito, que para propósitos de esta investigación se considerarán como sincrónica y asincrónica, respectivamente.

La respuesta a este problema la encontramos en dos etapas. En la primera parte, se describe el componente cíclico de las series de tiempo que van a representar la variable crediticia mexicana a través del algoritmo Bry-Boschan, de 6 pasos (Delajara y Hernández, 2009). Los primeros dos consisten en filtrar la serie para eliminar las fluctuaciones de baja y alta frecuencia y los puntos extremos. Después, se determinan los puntos de giro tentativos mediante una búsqueda de máximos y mínimos locales. Estos puntos finalmente se prueban secuencialmente bajo fluctuaciones de mayor frecuencia. Para el caso específico de esta investigación, tras la aplicación de este algoritmo implementado en el paquete econométrico Stata, se eliminaron los pares cima-fondo menores a 6 meses para tener una mayor visión de la longitud de las expansiones y contracciones clásicas cíclicas.

Para la segunda parte, se aprovecharán las propiedades del filtro de Kalman, que es un algoritmo que produce estimaciones de variables ocultas basadas en mediciones inexactas e inciertas (Becker, 2018), para medir el comovimiento de nuestras variables de interés. En concreto, se hará uso de la ganancia de Kalman, que es un parámetro real definido entre 0 y 1 que define un peso de la medición y otro de la estimación previa al formar una nueva estimación del estado de un sistema. Con ganancias de Kalman lejanas de 0, las nuevas estimaciones de este filtro estarían cerca de la medición. Con ganancias de Kalman iguales o cercanas a 0, las nuevas estimaciones estarían cerca de la estimación anterior. Así, en presencia de que los indicadores de crédito y producto tienen una tendencia positiva en el largo plazo, sin tomar en cuenta otro tipo de frecuencias en fluctuaciones entre nuestras variables, si existe una ganancia de Kalman lejana de 0, estaríamos en condiciones de pensar que su crecimiento coexiste y que, en la práctica, vemos una situación mutual descrita por Levine (1997) en el corto plazo. En caso contrario, veríamos que el crédito no se adapta a la economía real, situación que nos llevaría a un panorama como el explicado por Vara (1998).

Las variables representativas del crédito en México se tomaron del Sistema de Informa-

ción Económica del Banco de México. Dichas series de tiempo son: la cartera vigente total, la cartera directa vigente, la cartera al consumo, la cartera a la vivienda, la cartera a las empresas y personas físicas con actividad empresarial, y la cartera a los intermediarios financieros no bancarios privados. Por motivos de corte en la ventana de datos, se dejó de lado la cartera vigente asociada a programas de reestructura. Medidos de fondo a fondo, los ciclos clásicos de la cartera vigente total y la directa vigente tienen una longitud promedio de 83 meses, y de 130 meses tomados de cima a cima. En magnitud, le sigue la cartera a empresas con 73 y 98 meses, respectivamente, y al final viene la cartera a intermediarios no bancarios con 49 y 41 meses. El crédito al consumo sólo reportó una contracción clásica de 24 meses y el crédito a la vivienda no registró ciclo alguno.

Por su parte, el filtro de Kalman estima el estado oculto de un sistema dinámico lineal por medio de mediciones de entrada y salida; puede aplicarse en cualquier campo donde se requieran estimaciones y predicciones y, como ejemplo, puede citarse a Delajara (2011), quien utiliza esta técnica para determinar la importancia de la dimensión regional de las fluctuaciones del empleo en México. Cabe mencionar que este trabajo no busca relaciones de causalidad y que esta metodología tiene la ventaja de ser un filtro óptimo; es decir, sus componentes minimizan las varianzas y covarianzas estimadas del sistema en consideración (Becker, 2018).

Este trabajo tiene la siguiente organización. En la parte consecuente, se desarrolla un marco empírico en relación al ciclo crediticio mexicano, seguido de una enunciación de argumentos a favor del comportamiento sincrónico y asincrónico del crédito en términos de sus perturbaciones, y de una descripción breve del ciclo económico mexicano que influye de manera exógena en las condiciones del ciclo crediticio en el periodo considerado. Posteriormente, viene el análisis de ciclos económicos aplicados a los indicadores crediticios en consideración, a fin de determinar sus características cíclicas. En la siguiente sección, se describen las generalidades asociadas al filtro de Kalman y se explican los resultados encontrados tras su implementación a

nuestros datos. Finalmente, se ofrecen unas conclusiones.

## **1.1 Revisión de literatura**

Para México, en su estudio acerca de la tasa doméstica de ahorro, Aportela (2001) hace una división temporal a partir de la reforma financiera de finales de los años ochenta e inicios de los noventa. Considera una etapa de expansión del crédito de 1989-1994 y una de contracción de 1994-1996. La primera se caracteriza por la introducción del gobierno de cambios profundos: 1) la política monetaria comienza a aplicarse por medio de operaciones de mercado abierto y las tasas de interés a ser establecidas por el mercado; 2) son eliminados el encaje legal y los requisitos de reservas mínimas para los bancos.

Con año base 1992, como resultado, el saldo del crédito otorgado por la banca comercial subió 92.43% en términos reales de 1989 a 1992. La tasa de crecimiento real promedio anual del crédito total fue de 24.4% en el mismo periodo. Referido al saldo del crédito al consumo, éste incrementó en términos reales 173% durante el periodo 1989-1992; es decir, hubo una tasa de crecimiento anual de casi 40% en esta ventana de tiempo. De 1989 a 1992, el saldo del crédito hipotecario aumentó en términos reales 239.5%. Como razón del crédito total, el incremento fue de 8.3% en 1989 a 14.7% en 1992.

En el periodo de contracción del crédito, de diciembre de 1994 a diciembre de 1995, el saldo de la cartera vencida como razón de la cartera total cambió de 13.7 a 19.7%. Para mayo de 1996 dicha proporción ya había alcanzado 25.8%. Esta crisis hizo que los bancos disminuyeran su oferta de crédito al sector privado. Así, el saldo del crédito total disminuyó 20.9% de 1994 a 1996. Esta tendencia continuó y para 1998 la disminución total del crédito bancario había llegado a 30.5% con respecto a su nivel de 1994, en términos reales de 1992.

La reducción del crédito al consumo fue mayor, pues resultó ser de 64.3% de 1994 a 1996; se tuvo una tasa anual de crecimiento de -40% en esa ventana de tiempo. El crédito al consumo como razón del crédito total pasó de 7.14%, en 1994, a 3.2% en 1996. Por otra parte, la disminución fue menor en el caso del crédito a la vivienda, dado que, en 1996, el saldo del crédito hipotecario aun estaba arriba de su nivel de 1994, aunque su tasa de crecimiento disminuyó después de la crisis. Cabe mencionar que los bancos no sostuvieron nuevamente los niveles de la oferta de crédito vistos en la etapa de expansión crediticia, cuando la economía entró en un proceso de recuperación en 1996, momento en el que el PIB había crecido 5.1% en términos reales y el crédito total había caído aproximadamente 14%.

Para otros países, podemos ver en el trabajo de Levine (1997) la idea del comportamiento a favor del producto de nuestra variable de interés. Por un lado, las instituciones financieras facilitan la negociación, la cobertura y la agrupación de riesgos, ante un mercado con costos de transacción. De igual forma, la recopilación de información sobre empresas, gerentes y condiciones económicas crea incentivos para que surjan intermediarios financieros. La economía financiera también es capaz de gestionar la gerencia de los acuerdos económicos de las empresas y sus propietarios. Asimismo, los servicios financieros atraen a múltiples inversores, que hace que los procesos de producción de las economías no estén limitados de recursos líquidos. De la misma manera, el sector financiero facilita el intercambio en el corto plazo, y la división del trabajo, el crecimiento y la innovación tecnológica.

Entre las evidencias empíricas del comportamiento sincrónico, está el artículo de pequeñas y medianas empresas en España de 2004 a 2011 de Canto-Cuevas, Palacín-Sánchez, y di Pietro (2016). Utilizando un modelo de efectos fijos y otro de mínimos cuadrados en dos etapas, estos autores observaron un aumento en unidades de 0.008 y 0.006 del crédito comercial recibido, y de 0.005 y 0.004 unidades para el caso del crédito comercial concedido, respectivamente, dado un aumento de 1.0% de la tasa de crecimiento del PIB. La muestra de empresas utilizadas provino

de la base de datos SABI de Bureau Van Dijk, con información de más de un millón de pequeñas y medianas empresas españolas y portuguesas.

Utilizando análisis de regresión sobre datos de 49 países avanzados de 1976 a 1993, controlando por heterocedasticidad, Levine y Zervos (1996) encuentran de forma significativa que aumentado la proporción con respecto al PIB del crédito bancario inicial a empresas privadas en una unidad, el PIB real per cápita crece 0.013%, el acervo de capital per cápita real aumenta 0.014%, la productividad medida como el residual del crecimiento y el valor del acervo de capital incrementa 0.011% y la razón con respecto al PIB del ahorro privado bruto crece 3.59 unidades. Para estos investigadores, estos resultados son consistentes con el hecho de que los mercados de valores y los bancos brindan servicios importantes para el crecimiento a largo plazo.

Muñoz (1999) encuentra que la morosidad en moneda nacional peruana se ve determinada negativamente por la tasa de crecimiento del crédito real al sector privado en moneda nacional, en su estudio de 1993-1998 con datos de panel, cuando la hipótesis de sincronía del crédito nos dice que la cartera atrasada como proporción de las colocaciones totales tiende a disminuir durante periodos de crecimiento económico. Dicho de otra forma, los booms de crédito, que son relacionados directamente con el deterioro de la cartera bancaria por autores a favor de la regulación del crédito, suceden en realidad en periodos de expansión productiva, con la conclusión de que el crédito tiene en los hechos un comportamiento sincrónico con respecto al producto en Perú en la ventana de tiempo correspondiente.

Con una muestra de 39 países miembros de la OCDE, Pérez y Gadea (2012) también nos llevan a vislumbrar esta idea sincrónica al utilizar un modelo de cadenas de Markov-Hamilton para describir recesiones y expansiones en tiempo real. Inicialmente, de entre una combinación de modelos, siendo el mejor el que combina la información entre países, estos autores encontraron una significancia positiva entre la probabilidad de permanencia de recesión y una expansión

crediticia de 60% para el caso de un modelo con probabilidades de transición y medias fijas, 60% para probabilidades de transición fijas y media cambiante y 50% para probabilidades de transición cambiantes y medias fijas. Sin embargo, también argumentan que estos resultados están asociados sólo a la recesión de 2007 y que no existe una mejora en las predicciones en ejercicios fuera de esta muestra temporal en los ciclos del producto, dado un comportamiento específico de la evolución del crédito.

Uno de los argumentos teóricos que postula una conducta asincrónica del crédito es el de Vara (1998), que nos dice que esta expansión puede afectar a largo plazo tanto a la inversión como al consumo. Por una parte, según este autor, la expansión crediticia reduce los tipos de interés. El nuevo poder de compra creado por el crédito hace que los factores productivos sean más demandados y sus precios suban, al tiempo que encarecen los nuevos proyectos de inversión. Este aumento equiproporcional de la inversión total lleva a una baja en la rentabilidad del capital, dado que los bienes de capital de corto plazo reducen su propia rentabilidad, mientras que para los bienes de capital de largo plazo pasa más tiempo antes de que este proceso se cumpla.

Asimismo, el consumo termina afectado, en primer lugar, porque la estructura de capital termina alargándose y estrechándose, en tanto que el flujo de bienes de consumo en la economía queda reducido. De igual manera, la mayor renta de los bienes de producción y la aparición de los beneficios extraordinarios provocados por la expansión crediticia provocan que la mayor cantidad de dinero se canalice hacia el consumo, por lo que suben los precios de los bienes finales en una mayor proporción con respecto al precio de los factores productivos. Cabe mencionar que, en el caso concreto de la economía mexicana, la postura asincrónica del crédito con respecto al producto a través del consumo y la inversión se verificaría con los hechos estilizados de Cuadra (2008), que comprenden el periodo 1980-2006.

Como hace referencia Bedoya (2017), la última crisis financiera renovó el interés en las

interacciones entre la esfera financiera y productiva de la economía. Para la contribución al diseño e implementación de la política macroeconómica para la estabilidad financiera, a través de un modelo dinámico de factores bayesiano, este economista verificó si existían factores comunes a una muestra de 15 países latinoamericanos, incluido México, durante el periodo 1996-2013 que explicaran ciclos de crédito. Sus resultados muestran que el 32% de la variación de los ciclos de crédito se explica por un factor regional y factores de régimen monetario, lo que implica que existe sincronía en el comportamiento cíclico del crédito en esta región geográfica.

Bedoya (2017) también expone que los choques a la liquidez global, entendida como la reducción de las restricciones del sector financiero, tienen impacto en el componente común del ciclo del crédito en Latinoamérica; es decir, choques provocados en los mercados financieros internacionales determinan la estabilidad financiera y macroeconómica de la región. De esta manera, podemos visualizar la premisa asincrónica a sabiendas de que fueron alrededor de 11 los trimestres de boom de crédito y que las ventanas de tiempo de 1998Q1-2002Q2 y 2007Q1-2009Q2 tuvieron cerca del 80% de estos eventos.

Existen trabajos en los que, debido a su naturaleza metodológica, se muestran comportamientos tanto sincrónicos como asincrónicos por parte del crédito bancario. Éste es el caso de la obra de Aparicio, Gutiérrez, Jaramillo, y Moreno (2013), donde se analiza la cartera crediticia del sistema financiero peruano por medio del uso de matrices de transición crediticia condicionadas al ciclo económico. Los autores encuentran que la probabilidad que tienen los créditos de cambiar de una clasificación crediticia de baja probabilidad de incumplimiento a una clasificación crediticia de mayor probabilidad de incumplimiento es más grande cuando el crecimiento económico se encuentra por debajo del 4% anual y cuando es mayor al 6%. Podemos decir, entonces, que el crédito se vuelve sincrónico dentro de este rango de valores, y asincrónico afuera.

Antón (2011) argumenta que no existe un consenso acerca de lo que es el ciclo económico ni



de los métodos de estimación. Para el análisis del ciclo económico mexicano de 1980-2009, este investigador utiliza el algoritmo de Bry-Boschan como una técnica de puntos de giro, con base en información del ICC del INEGI. Encuentra que las contracciones tienen una longitud de 19 meses, en tanto que, de las expansiones, una es de 43 meses. La contracción más prolongada fue desde septiembre del 2000 a noviembre de 2003 (38 meses). La expansión más grande fue de enero de 1987 a octubre de 1992 (69 meses). El ciclo económico en México tiene una duración promedio aproximada de 61 meses.

Utilizando un filtro Hodrick-Prescott modificado para la corrección parcial del problema de estimación al final de la muestra y así eliminar el componente permanente de la serie como una segunda estimación del ciclo, Antón (2011) continúa con su trabajo y encuentra que la contracción económica más reciente sería mayor a la crisis del tequila (una diferencia entre fondo y cima de 12.6 puntos porcentuales en el primer caso y de 11.2 en el segundo). En términos de desviaciones respecto a la tendencia, el componente cíclico también presenta una mayor baja en el ciclo económico más reciente con respecto a la crisis del tequila (-8.9% contra -6.3%, respectivamente).

Otro tipo de metodología usada para el cálculo del ciclo económico en México es el de Heath (2011) quien, mediante una conceptualización propuesta del ciclo económico, nos dice que hemos tenido dos contracciones, es decir, disminuciones en el producto tan profundas que el nivel llega a estar por debajo de un punto mínimo anterior: la primera fue de febrero de 1995 a octubre del mismo año, es decir, de 9 meses, con tasa anualizada de -18.5%. La segunda fue de un mes de longitud (mayo del 2009), con tasa anualizada de -10.6%. El promedio de las seis recesiones encontradas ha sido de -9.9%.

En relación a las fases ascendentes, el promedio anualizado de las cinco fue de 6.5%, siendo más rápida la de 1983-1985 y la más lenta la del 2003/2008. El autor puede afirmar una ten-

dencia hacia recuperaciones/expansiones progresivamente más lentas. En general, Heath (2011) opina que la recesión del 2008/2009 fue una crisis que vino del exterior en un momento de bonanza económica.

# Capítulo 2

## Análisis de datos

Los datos a ser estudiados fueron tomados de los registros de la banca comercial, en específico de la banca vigente otorgada al sector privado no bancario, de las bases de datos del financiamiento e información financiera de intermediarios financieros del Banco de México. Con una periodicidad mensual que corresponde de enero de 2003 a diciembre de 2019 en saldos nominales, de las series de la cartera de crédito vigente total al sector privado de la banca comercial se utilizaron los siguientes desgloses:

1. Cartera vigente total (CVT).
  - a. Cartera directa vigente (CDV).
    - i. Consumo (C).
    - ii. Vivienda (V).
    - iii. Empresas y persona físicas con actividad empresarial (E).
    - iv. Intermediarios financieros no bancarios privados (INB).

El siguiente paso fue la eliminación de los componentes estacionales de estas series, para dar lugar después al uso del indicador mensual general del IPC por objeto del gasto nacional, desestacionalizado también, con base en el segundo trimestre de 2018, obtenido de los índices de precios al consumidor y UDIS del Banco de México, como deflactor para la obtención de los

valores reales de las variables. Finalmente, se construyeron indicadores con septiembre de 2008 como fecha base, para proceder a su análisis.

El estudio del ciclo económico mexicano necesita una definición del ciclo económico y un método para la identificación de la información cíclica de diversas variables económicas (Antón Sarabia, 2011). No existe un consenso sobre la forma particular de analizar una serie, por lo que en este trabajo de investigación se utilizaron dos metodologías. La primera de ellas es la de los ciclos clásicos, mediante el uso del algoritmo Bry-Boschan que consiste en la determinación de los puntos de giro de la secuencia de una serie (Antón Sarabia, 2011), y bajo el cual se usaron las denominaciones ciclo clásico, contracción clásica y expansión clásica.

Delajara y Hernández Álvarez (2009) explican el funcionamiento del algoritmo Bry-Boschan en 6 pasos. Los primeros dos consisten en filtrar la serie para eliminar las fluctuaciones de baja y alta frecuencia y los puntos extremos. Una vez que se obtiene el componente tendencia-ciclo de la series, se determinan los puntos de giro tentativos mediante una búsqueda de máximos y mínimos locales. Estos puntos finalmente se prueban secuencialmente bajo fluctuaciones de mayor frecuencia. Para el caso concreto de esta investigación, se eliminaron los pares cima-fondo menores a 6 meses, después de aplicar al algoritmo Bry-Boschan a través del paquete econométrico Stata, de nuestras variables en estudio.

El segundo método utilizado fue aquel propuesto por Heath (2011) que clasifica como contracción al decrecimiento de una variable económica cuando haya caído en niveles con respecto a una cota inferior previamente registrada y como expansión a su crecimiento cuando haya superado una cota superior. El contraste de esta información con respecto al ciclo del producto mexicano se hace con información de Antón Sarabia (2011) y Heath (2011).

La Tabla 2.1 presenta las características del ciclo de las variables crediticias consideradas

en México para el periodo 2003-2019. En las primeras dos columnas se identifican los puntos de giro del indicador. En promedio, las contracciones clásicas tienen una duración de 17 meses para los casos de la cartera vigente total y la cartera directa vigente, 24 meses para la cartera al consumo, 13 meses para la cartera a empresas y 14.25 meses para la cartera a intermediarios no bancarios. En promedio, las expansiones clásicas de estos ciclos duran 89.5 meses para la cartera vigente total, 89.5 meses para la cartera directa vigente, 86.5 meses para las empresas y personas físicas con actividad empresarial, y 34.75 meses para la cartera a intermediarios financieros no bancarios privados.

Ciclos de crédito en México, 2003-2019. Indicador base 2008M9					
Cima	Fondo	Contracción clásica	Expansión clásica	Ciclo clásico de fondo a fondo	Ciclo clásico de cima a cima
CVT					
-	2003M4	-	-	-	-
2008M10	2010M3	17	66	83	-
2019M8	-	-	113	-	130
	Promedio	17	89.5	83	130
CDV					
-	2003M4	-	-	-	-
2008M10	2010M3	17	66	83	-
2019M8	-	-	113	-	130
	Promedio	17	89.5	83	130
C					
2008M3	2010M3	24	-	-	-
V					
-	2003M3	-	-	-	-
E					
-	2004M2	-	-	-	-
2009M2	2010M3	13	60	73	98
2019M8	-	-	133	-	-
	Promedio	13	86.5	73	98
INB					
-	2003M4	-	-	-	-
2008M9	2011M5	32	65	97	-
2012M11	2013M10	11	18	29	50
2017M9	2018M3	6	47	53	58
2018M12	2019M8	8	9	17	15
	Promedio	14.25	34.75	49	41

Fuente: elaboración propia con datos del Banco de México.

Tabla 2.1: Ciclos de crédito en México, 2003-2019. Indicador base 2008M9

El indicador de la cartera vigente total para el periodo 2003-2019 se muestra en la Figura 2.1. En términos de Heath (2011), la serie indica una recesión que termina en enero de 2010 y una recuperación que culmina en abril de 2011 (13 meses de recuperación) para dar paso después a una expansión. Medido de fondo a fondo, este ciclo tiene una longitud de 83 meses y de cima a cima 130 meses. Este ciclo crediticio sigue al del producto de enero de 2008 con una diferencia de 9 meses.

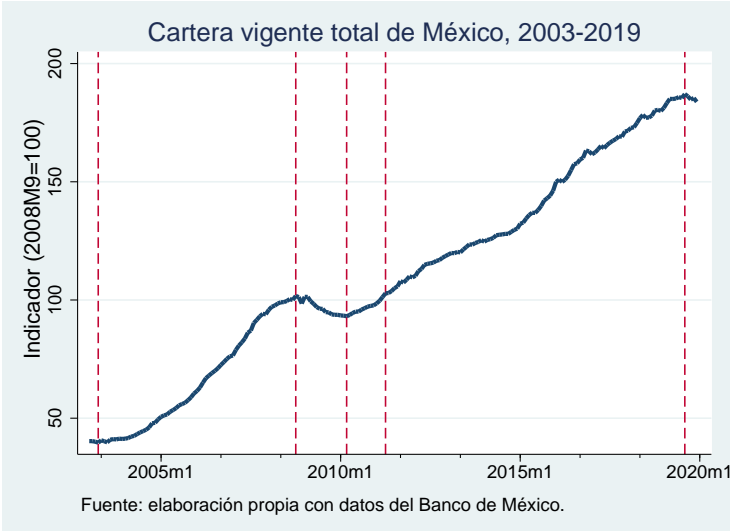


Figura 2.1: Cartera vigente total de México, 2003-2019

La gráfica del indicador de la cartera directa vigente se representa en la Figura 2.2. Esta serie indica una recesión que acaba en enero de 2010, con una recuperación que culmina en marzo de 2011 (12 meses de recuperación) para dar paso a una expansión, usando la metodología de Heath (2011). De fondo a fondo, este ciclo de crédito tiene una longitud de 83 meses y, de cima a cima, de 130 meses. Como puede observarse, este ciclo cásico es similar en longitud al de la cartera vigente total y sigue al ciclo del producto en 9 meses, tomando como punto de partida las cimas de las series.

La Figura 2.3 muestra los componentes de la cartera directa mexicana, tomando como el total la suma de los valores de estos cuatro créditos desestacionalizados. La curva del consumo

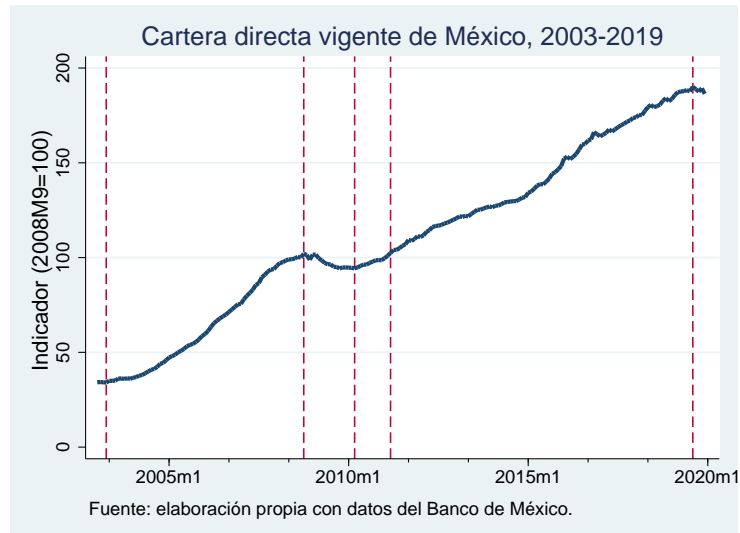


Figura 2.2: Cartera directa vigente de México, 2003-2019

muestra una suavización que oscila alrededor del valor de 25.6% conforme el tiempo avanza. Tenemos un caso similar para el caso de la cartera a las empresas: esta serie de tiempo oscila alrededor del valor de 53.2% a lo largo de la muestra. La vivienda presenta dos cambios positivos abruptos: uno va aproximadamente de diciembre de 2004 (11.6%) a septiembre de 2006 (17.7%), mientras que el segundo hace que en niveles esta variable ronde alrededor del 19.6%. A comparación de estos casos, se puede visualizar cierta estabilidad de la cartera a intermediarios no bancarios alrededor del 3.3%.

El indicador de la cartera directa vigente al consumo viene ilustrada en la Figura 2.4. En términos de Heath (2011), esta serie presenta el inicio de una recesión en marzo de 2008, y una recuperación que empieza en marzo de 2010, para dar lugar a una expansión en agosto de 2012 (30 meses de recuperación). Esta serie de tiempo sólo muestra una contracción de 24 meses, que es alrededor de 1.41 veces el de la cartera directa vigente. Sigue al ciclo del producto con una diferencia de 2 meses.

Contrario a lo que se pudiera pensar por la naturaleza de la crisis financiera de 2008 y

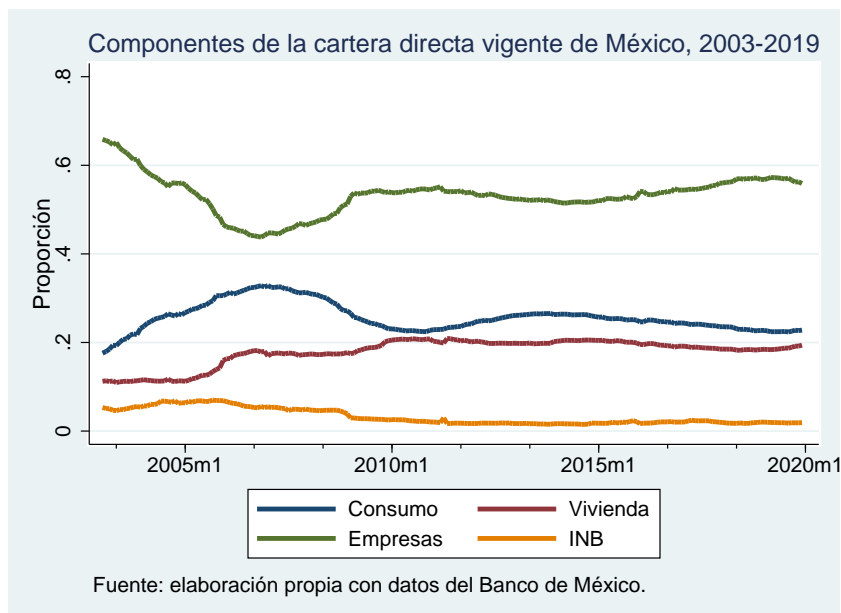


Figura 2.3: Componentes de la cartera directa vigente de México, 2003-2019

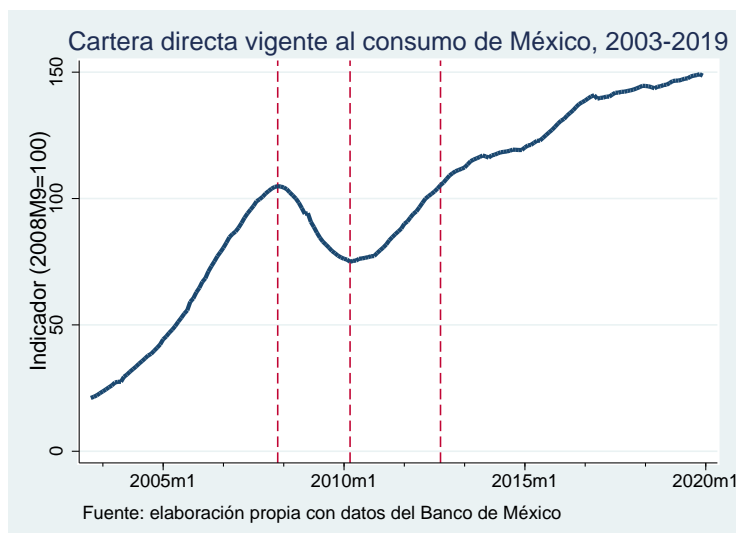


Figura 2.4: Cartera directa vigente al consumo de México, 2003-2019

por la sincronía de variables macroeconómicas entre países Latinoamericanos e industrializados (Bedoya, 2017), la cartera directa vigente mexicana a la vivienda, ilustrada por la Figura 2.5, no reporta ciclo por medio del algoritmo Bry-Boschan. Solamente hay registro de un fondo en marzo de 2003 y, por el contrario, de la fecha base de septiembre de 2008 bajo el cual está construido el indicador para junio de 2019, un intervalo de tiempo de 141 meses, la cartera vi-



gente a la vivienda creció 100%.

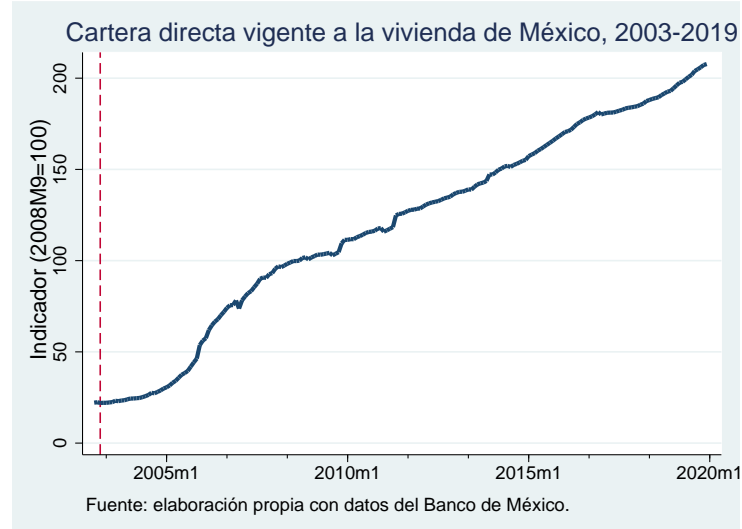


Figura 2.5: Cartera directa vigente a la vivienda de México, 2003-2019

El indicador de la serie de la cartera a empresas de la Figura 2.6 reporta un ciclo completo, que data de febrero de 2009 a marzo de 2010, para dar paso a una recuperación que pasa a ser expansión en enero de 2011 (10 meses de recuperación); este ciclo crediticio antecede al del producto por 13 meses. La expansión clásica más larga de este indicador, que es de 113 meses, va de marzo de 2010 a agosto de 2019. Tomando como referencia de fondo a fondo, el ciclo de la cartera a empresas y personas físicas con actividad empresarial es de 73 meses, en tanto que de cima a cima de 98 meses. Haciendo la comparación con respecto a la cartera directa vigente, la contracción clásica de la cartera a empresas es 0.76 veces, en tanto que, para el caso de la expansión clásica, 0.97 veces en promedio.

A manera de ilustración, el indicador de la cartera directa vigente destinada a intermediarios financieros no bancarios privados se muestra en la Figura 2.7. En ella, se observan 4 ciclos completos. El de la contracción y expansión clásicas más largas va de septiembre de 2008 a mayo de 2011, y tiene una longitud de 32 y 65 meses, respectivamente. De fondo a fondo, el ciclo de la cartera a intermediarios no bancarios posee una longitud promedio de 49 meses; de

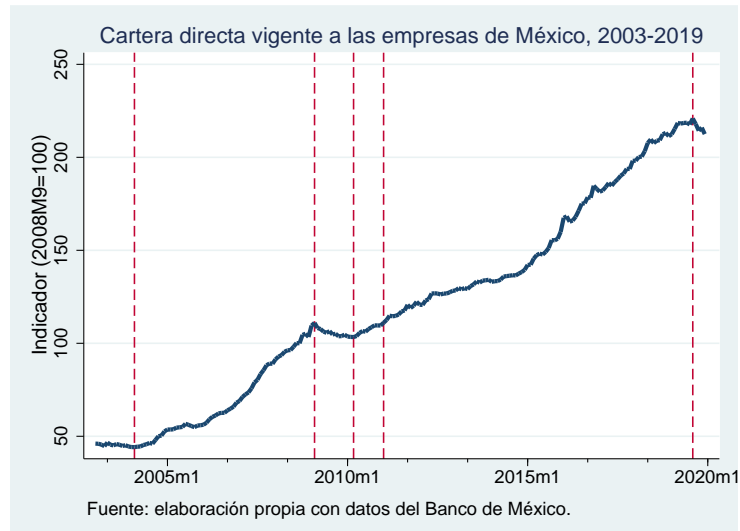


Figura 2.6: Cartera directa vigente a las empresas de México, 2003-2019

cima a cima, de 41 meses. Siguiendo la metodología de Heath (2011), desde la fecha de mayo de 2011, esta serie de tiempo no ha podido pasar de la etapa de recuperación a la de expansión. El ciclo con la contracción y expansión clásicas más grandes siguen al ciclo del producto en 8 meses. En promedio, con respecto a la cartera directa vigente, la contracción clásica de este crédito es 0.84 veces, y la expansión clásica de 0.39 veces.

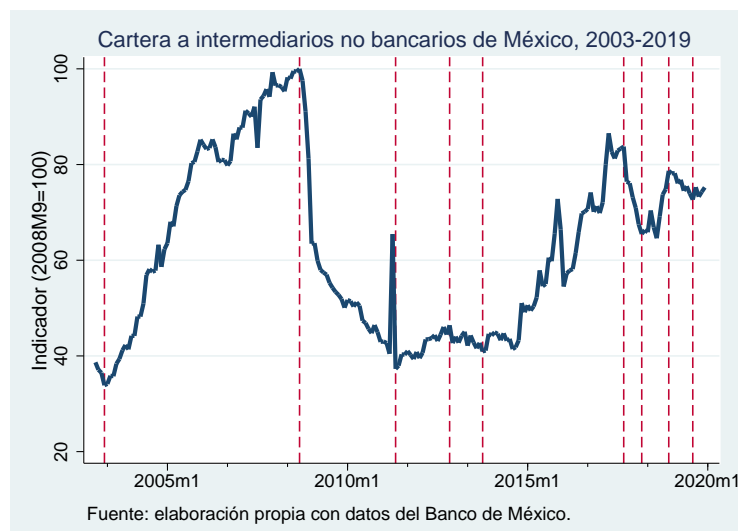


Figura 2.7: Cartera a intermediarios no bancarios de México, 2003-2019

Finalmente, como referencia gráfica, la Figura 2.8 muestra el comportamiento del Producto

Interno Bruto real desestacionalizado, con base en 2018Q2. Como información relacionada, utilizando el Indicador compuesto coincidente de INEGI, asociado con la crisis financiera de 2008, Antón Sarabia (2011) identifica una cima en enero de 2008, en la que previamente se registra una expansión clásica de 50 meses desde noviembre de 2003 y un ciclo clásico previo de 88 meses desde septiembre de 2000. Asimismo, Heath (2011) identifica el inicio de una recesión en enero de 2008 y tanto una contracción como una recuperación en mayo de 2009.

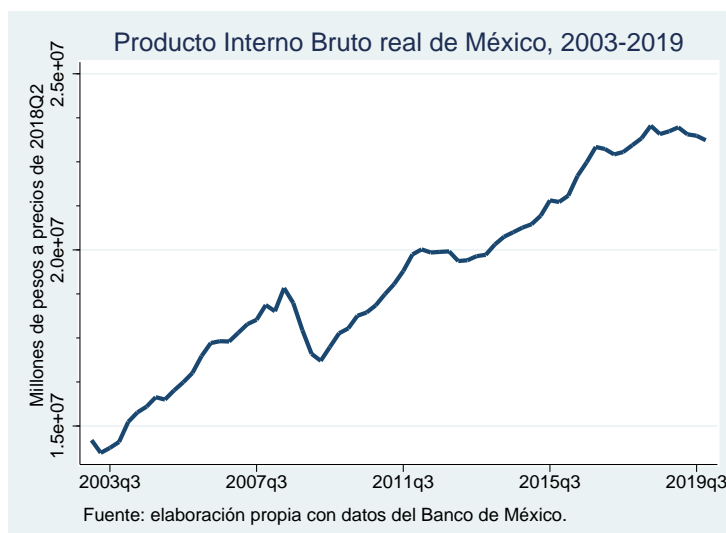


Figura 2.8: Producto Interno Bruto real de México, 2003-2019

Referido al comportamiento de las variables de crédito durante las fases de contracción, la de la cartera vigente total tuvo un cambio de  $-8.60\%$  para 17 meses ( $-0.51\%$  mensual), de la cartera directa vigente de  $-7.74\%$  para 17 meses ( $-0.46\%$  mensual), de la cartera al consumo de  $-29.88\%$  para 24 meses ( $-1.25\%$  mensual), de la cartera a empresas de  $-7.62\%$  para 13 meses ( $-0.59\%$  mensual), y de los intermediarios no bancarios de  $-62.71\%$  para 32 meses ( $-1.96\%$  mensual), con septiembre de 2008 como mes base. Con información de Aportela (2001), se puede ver que la tasa de crecimiento del crédito total fue de  $-0.58\%$  mensual, en tanto que al consumo fue de  $-3.33\%$  mensual, durante el periodo 1994-1996. Con este método, se puede observar, entonces, que la expansión crediticia y la contracción del crédito al consumo fueron más rápidas en el periodo 1994-1996 que en las muestras de 2003-2019.

Otro resultado a destacar de este análisis en los datos de crédito de México es la tendencia positiva que presentan (excepto para el caso de la menor componente de la cartera directa vigente, es decir, la cartera a intermediarios financieros no bancarios privados) desde, en general, marzo de 2010. Esta conducta creciente va de la mano con la misma tendencia positiva del producto visible a partir de esa fecha en la Figura 2.8. Pese a la diferencia de frecuencias en las fluctuaciones entre las variables de crédito con respecto a la del PIB, estas series de tiempo crecen por lo menos hasta agosto de 2019, cima que marca una relación interdependiente y mutua de 113 meses. Este resultado es el mismo para observaciones anteriores a enero de 2008.

# Capítulo 3

## Aplicación del filtro de Kalman

El algoritmo utilizado para la medición del comovimiento entre los indicadores crediticios construidos en el capítulo anterior y el producto mexicano fue el filtro de Kalman. Becker (2018) explica el funcionamiento de esta herramienta, que estima las variables ocultas de un sistema dinámico en base a mediciones imprecisas e inciertas. Este filtro proporciona predicciones del estado futuro del sistema basado en estimaciones pasadas. Lleva el nombre de Rudolf E. Kalman (1930-2016) y, hoy en día, se utiliza en objetivos de seguimiento de radar, sistemas de localización y navegación, sistemas de control, gráficos por computadora, etc. Esta herramienta basa su funcionamiento en cinco ecuaciones matriciales, a saber:

1. Ecuación de extrapolación de estado.

$$\hat{x}_{n+1,n} = F\hat{x}_{n,n} + G\hat{u}_{n,n} + w_n \quad (3.1)$$

$\hat{x}_{n+1,n}$  Predicción del vector de estado del sistema en tiempo  $n + 1$ .

$\hat{x}_{n,n}$  Estimación del vector de estado del sistema en tiempo  $n$ .

$\hat{u}_{n,n}$  Variable de control o de entrada.

$w_n$  Vector de ruido de proceso.

$F$  Matriz de transición de estado.

$G$  Matriz de control o matriz de transición de entrada.

## 2. Ecuación de extrapolación de covarianza.

$$P_{n+1,n} = FP_{n,n}F^T + Q \quad (3.2)$$

- $P_{n,n}$  Estimación de la matriz de covarianza en tiempo  $n$ .  
 $P_{n+1,n}$  Predicción de la matriz de covarianza en tiempo  $n + 1$ .  
 $F$  Matriz de transición de estado.  
 $Q$  Matriz de ruido de proceso.

## 3. Ecuación de actualización de estado.

$$\hat{x}_{n,n} = \hat{x}_{n,n-1} + K_n(z_n - H\hat{x}_{n,n-1}) \quad (3.3)$$

- $\hat{x}_{n,n}$  Estimación del vector de estado del sistema en tiempo  $n$ .  
 $\hat{x}_{n,n-1}$  Predicción del vector de estado del sistema en tiempo  $n - 1$ .  
 $K_n$  Ganancia de Kalman.  
 $z_n$  Medición.  
 $H$  Matriz de observación.

## 4. Ecuación de actualización de covarianza.

$$P_{n,n} = (I - K_nH)P_{n,n-1}(I - K_nH)^T + K_nR_nK_n^T \quad (3.4)$$

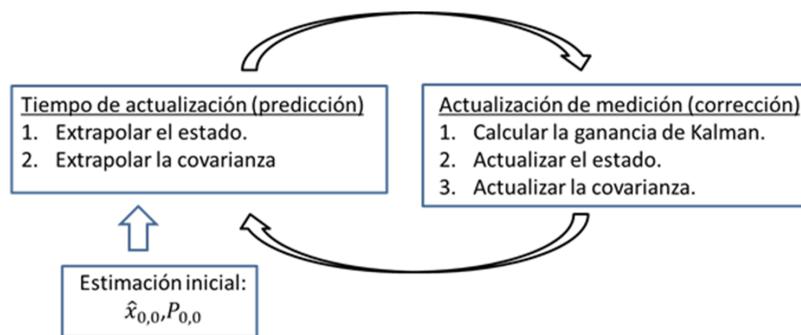
- $P_{n,n}$  Estimación de la matriz de covarianza en tiempo  $n$ .  
 $P_{n,n-1}$  Predicción de la matriz de covarianza en tiempo  $n - 1$ .  
 $K_n$  Ganancia de Kalman.  
 $H$  Matriz de observación.  
 $R_n$  Matriz de ruido de covarianza.

## 5. Ganancia de Kalman.

$$K_n = P_{n,n-1}H^T(HP_{n,n-1}H^T + R_n)^{-1} \quad (3.5)$$

- $K_n$  Ganancia de Kalman.
- $P_{n,n-1}$  Predicción de la matriz de covarianza en tiempo  $n - 1$ .
- $H$  Matriz de observación.
- $R_n$  Matriz de ruido de covarianza.

Una vez inicializado, el filtro de Kalman predice el estado del sistema en el siguiente paso de tiempo. Además, proporciona la covarianza o incertidumbre de la predicción. Una vez que se recibe la medición, el filtro corrige la predicción y la incertidumbre del estado actual. Además, el filtro predice los siguientes estados, y así sucesivamente. El diagrama de la Figura 3.1 expone el funcionamiento de esta herramienta.



Fuente: elaboración propia con información de Becker (2018).

Figura 3.1: Esquema del filtro de Kalman

Como variable de control o de entrada, se tomó la serie original del Producto Interno Bruto de México en millones de pesos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Se desestacionalizó y se calcularon los saldos reales con la misma base de los indicadores de crédito, es decir, el segundo trimestre de 2018. De los datos de indicadores crediticios, por razones de compatibilidad con el formato de información del Producto Interno Bruto mexicano, se tomaron los últimos meses de cada trimestre como registro; se obtuvieron al final 66 observaciones.

La implementación del filtro de Kalman fue hecha mediante el paquete de software estadístico Stata, en la forma de error, para el que se realizó el cálculo del logaritmo natural de estas

series. Los resultados cruzados de la ganancia de Kalman se muestran en la Tabla 3.1, en la segunda columna, con los errores estándar entre paréntesis. Los resultados de estadísticos  $\chi^2$  y  $z$  se encuentran en las columnas tres y cuatro, encima de sus valores  $p$ . La ganancias de Kalman significativas al 5% fueron la cartera vigente total, la cartera directa vigente, la cartera al consumo y la cartera a la vivienda.

Las perturbaciones cíclicas de aquellas series cuyo ciclo dura 17 meses pero que siguen al ciclo del producto mexicano de enero de 2008 en 9 meses, que son las de la cartera vigente total y la directa vigente, son explicadas de forma sincrónica en un 15.16% y 12.99%, respectivamente, por las perturbaciones del producto interno real. Las perturbaciones de la componente de la cartera directa vigente con la mayor contracción promedio, o sea la cartera destinada al consumo, es explicada por el 10.19% de las perturbaciones del producto. Para el caso de la cartera a la vivienda, el comovimiento con respecto al producto es de 9.64%. Cabe resaltar que estas ganancias de Kalman responden a perturbaciones mensuales en las variables, por lo que puede considerarse como un indicador de comovimiento de corto plazo.

Comovimiento entre crédito y producto en México, 2003-2019. Base 2008M9

Variable	$K_n$	$\chi^2$	$z$
CVT	0.1516 (0.0640)	231.12 (0.0)	2.37 (0.018)
CDV	0.1299 (0.0579)	265.98 (0.0)	2.24 (0.025)
C	0.1019 (0.0394)	1407.7 (0.0)	2.58 (0.010)
V	0.0964 (0.0353)	183.36 (0.0)	2.73 (0.006)
E	0.0411 (0.0564)	83.70 (0.0)	0.73 (0.467)
INB	0.0104 (0.0237)	20.28 (0.0)	0.44 (0.660)

Fuente: elaboración propia con datos de Banxico e INEGI.

Tabla 3.1: Comovimiento entre crédito y producto en México, 2003-2019. Base 2008M9

Si bien, las funciones del crédito en una economía real son las de soporte institucional de



los mercados financieros, la corrección de la información asimétrica en dichos mercados, la gestión de la gerencia financiera, la provisión de recursos líquidos y la división general del trabajo, las ganancias de Kalman para la cartera vigente total, la directa vigente, al consumo y a la vivienda son intuitivos, dada la circunstancia de que ambos tipos de variables macroeconómicas tienen una tendencia positiva. Cabe mencionar que se está prescindiendo de otro tipo de efectos en las frecuencias de las fluctuaciones observadas en las series de tiempo, como la presencia de bienes duraderos y no duraderos, las expectativas de crecimiento económico de oferentes y demandantes de crédito, etc.

# Capítulo 4

## Conclusiones

A través del algoritmo Bry-Boschan, lograron identificarse cinco variables de crédito en México con ciclos clásicos completos en el periodo 2003-2019. Éstas son la cartera vigente total, la cartera directa vigente, la cartera de crédito vigente destinada a consumo, la cartera de crédito vigente destinada a empresas y personas físicas con actividad empresarial, y la cartera de crédito vigente dedicada a intermediarios financieros no bancarios privados.

La duración de las fases de expansión más largas fue de 113 para los casos de la cartera vigente total, la cartera directa vigente y la cartera a empresas, que va de marzo de 2010 a agosto de 2019, y de 65 meses para la cartera a intermediarios financieros no bancarios privados, que va de abril de 2003 a septiembre de 2008. Tomando las respectivas diferencias de estos indicadores, con mes base septiembre de 2008 como base, estos créditos crecieron aproximadamente 93.13%, 94.27%, 117.54% y 66.12%, respectivamente. En términos reales, estas cifras son 0.83%, 0.85%, 1.04% y 1.02% mensuales, en ese orden.

En lo que se refiere al comportamiento de las variables de crédito ya mencionadas durante las fases de contracción, las más largas en el periodo estudiado va de octubre de 2008 a marzo de 2010 (17 meses) para el caso tanto de la cartera vigente total como de la cartera directa vi-

gente, de marzo de 2008 a marzo de 2010 (24 meses) para el caso de la cartera al consumo, de febrero de 2009 a marzo de 2010 (13 meses) para la cartera a las empresas, y de septiembre de 2008 a mayo de 2011 (32 meses) para la cartera a intermediarios no bancarios. La magnitud de las contracciones de estos indicadores es de -8.60%, -7.74%, -29.88%, -7.62% y -62.71%, que representan tasas mensuales de -0.51%, -0.46%, -1.25%, -0.59% y -1.96%, respectivamente, de nuevo con septiembre de 2008 como mes base.

La aplicación del filtro de Kalman, por su parte, arrojó los siguientes resultados: la cartera vigente total resultó ser sincrónico con respecto al Producto Interno Bruto real desestacionalizado de México, con año base en 2018Q2, al 15.16%, la cartera directa vigente al 12.99%, el crédito al consumo al 10.19% y el crédito a la vivienda al 9.64%. La cartera directa vigente destinada a empresas y la dirigida a intermediarios no bancarios fueron estadísticamente asincrónicas. Estas ganancias de Kalman responden a perturbaciones mensuales inmediatas, así que se pueden considerar como indicadores de comovimiento de corto plazo.

En conclusión, mediante el análisis Bry-Boschan y de Heath (2011), se encontró que la expansión crediticia y la contracción del crédito al consumo fueron más rápidas en el periodo 1994-1996 que en las muestras temporales de 2003-2019. Esta mejora en la respuesta del crédito a choques negativos en el producto, con respecto al siglo pasado, puede ser por parte tanto de los oferentes como de los demandantes de crédito. Se deja para futuras investigaciones un estudio de los factores que determinan los sectores económicos con la mayor capacidad de dirigir la trayectoria del mercado crediticio, en la búsqueda de políticas crediticias eficientes en México. También puede decirse que, en general, mediante el análisis de las tendencias del crédito y el producto mexicanos, podemos aproximarnos de manera empírica a la hipótesis de mutualidad entre el capital crediticio y productivo de Levine (1997).

Asimismo, el análisis de Kalman muestra una sincronía estadísticamente significativa de

corto plazo entre las variables de la cartera vigente total, la cartera directa vigente, la cartera al consumo y la cartera a la vivienda. Se hace la reiteración de que estos resultados prescinden de otros elementos que deberían considerarse al momento de utilizar la ganancia de Kalman como medida de sincronía entre diversas series macroeconómicas de tiempo, como el hecho de tener bienes duraderos y no duraderos, las expectativas de crecimiento de los agentes, etc. Este trabajo de investigación es apenas una aportación a la literatura en torno a la política macroeconómica crediticia.

Este trabajo es un análisis econométrico; no busca relaciones de causalidad entre variables de crédito y producto, sino de asociación. Aunque las series estadísticamente significativas de comovimiento con el producto mexicano pueden ser candidatas a explicar ese tipo de relaciones, faltaría en realidad un adecuado estudio microeconómico para inferir conclusiones causales.

Quedan para futuras investigaciones el uso de otras series de crédito, otros periodos de estudio, otra construcción de indicadores, otra fecha base, el uso de primeras o segundas diferencias con rezagos de orden superior, la incorporación de precios, tasas de interés, carteras vencidas, el uso de estudios comparados con respecto a otros países, un ejercicio de pronóstico, etc. También quedaría pendiente un desarrollo teórico formal en torno a la relación entre los componentes de los estimadores de estado, y los elementos y definiciones de la teoría económica.

# Referencias

- Antón, A. (2011). “El ciclo económico en México: características y perspectivas.” *Realidad, datos y espacio*, 2(2), 32–49.
- Aparicio, C., Gutiérrez, J., Jaramillo, M., y Moreno, H. (2013). *Indicadores alternativos de riesgo de crédito en el Perú: matrices de transición crediticia condicionadas al ciclo económico* (Tech. Rep.). Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones del Perú.
- Aportela, F. (2001). “Efectos de los ciclos de crédito en México sobre la tasa de ahorro de los hogares, 1989-1996.” *Economía mexicana*, 10(2), 169–211.
- Becker, A. (2018). *Kalman filter tutorial*. Retrieved from <https://www.kalmanfilter.net/> (Último acceso: 20 Abril 2020)
- Bedoya, J. G. (2017). “Ciclos de crédito, liquidez global y regímenes monetarios: una aproximación para América Latina.” *Desarrollo y sociedad*, 1(78), 271–313.
- Canto-Cuevas, F., Palacín-Sánchez, M.-J., y di Pietro, F. (2016). “Efectos del ciclo económico en el crédito comercial: el caso de la pyme española.” *European research on management and business economics*, 1(22), 55–62.
- Cuadra, G. (2008). *Hechos estilizados del ciclo económico en México* (Tech. Rep.). Banco de México.
- Delajara, M. (2011). “Comovimiento regional del empleo durante el ciclo económico en México.” *El trimestre económico*, 78(311), 613–642.
- Delajara, M., y Hernández, F. (2009). *El ciclo económico mexicano desde 1980 a 2009 ¿Cuántas*

*recesiones hubo y cuánto duraron?* (Tech. Rep.). Centro de Estudios Espinosa Yglesias - Universidad Nacional Autónoma de México.

Heath, J. (2011). “Identificación de los ciclos económicos en México: 30 años de evidencia.” *Realidad, datos y espacio*, 2(2), 18–31.

Levine, R. (1997). “Financial development and economic growth: views and agenda.” *Journal of economic literature*, 35(2), 688–726.

Levine, R., y Zervos, S. (1996). *Stock markets, banks, and economic growth* (Tech. Rep.). The World Bank.

Muñoz, J. (1999). “Calidad de cartera del sistema bancario y el ciclo económico: una aproximación econométrica para el caso peruano.” *Estudios económicos*, 1(1), 107–118.

Pérez, G., y Gadea, M. D. (2012). *El papel del crédito como predictor del ciclo económico* (Tech. Rep.). Banco de España.

Vara, O. (1998). “Dinero, crédito bancario y ciclos económicos.” *Economía aplicada*, 6(18), 175–182.