



**BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ**

## **Identificación de Episodios de Auge Crediticio: Una propuesta Metodológica con Fundamentos Económicos**

**Erick Lahura\*, Giancarlo Chang\* y Oscar Salazar\***

\* Banco Central de Reserva del Perú

DT. N° 2013-011  
Serie de Documentos de Trabajo  
Working Paper series  
Agosto 2013

Los puntos de vista expresados en este documento de trabajo corresponden a los autores y no reflejan necesariamente la posición del Banco Central de Reserva del Perú.

The views expressed in this paper are those of the authors and do not reflect necessarily the position of the Central Reserve Bank of Peru.

# IDENTIFICACIÓN DE EPISODIOS DE AUGE CREDITICIO: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA CON FUNDAMENTOS ECONÓMICOS\*

ERICK LAHURA,  
GIANCARLO CHANG Y ÓSCAR SALAZAR†

## Resumen

*Se propone una metodología alternativa de identificación de episodios de auge crediticio que incorpora fundamentos económicos. Un episodio de auge crediticio se define como un período durante el cual la trayectoria del nivel de crédito se desvía “en exceso” respecto de su “tendencia”, luego de registrar un período de crecimiento persistente. La metodología propuesta consiste en modelar las desviaciones del crédito respecto de su tendencia en función de: (i) variables económicas fundamentales, y (ii) una variable (de estado) no observable, la cual mide el componente de las desviaciones del crédito que no está asociado a sus fundamentos. La ecuación de crédito se estima a partir de su representación estado-espacio (SS) a través del filtro de Kalman (FK). La metodología propuesta se aplica al caso peruano utilizando información mensual para el período enero 1994-setiembre 2012. Los resultados permiten identificar dos posibles episodios de auge crediticio en el Perú, cuyos puntos máximos se alcanzaron en noviembre del 2008 y mayo del 2011, respectivamente.*

**Palabras Clave** : Auge crediticio, crédito, filtro de Kalman

**Clasificación JEL** : C22, E44, G21

---

\*Los autores agradecen a Adrián Armas, Fabrizio Orrego, Renzo Rossini y Tanja Sturm por sus valiosos comentarios y sugerencias. Además, agradecen a María Paula Vargas por su apoyo como asistente de investigación.

†Los autores trabajan en el Banco Central de Reserva del Perú. Erick Lahura es Jefe del Departamento de Análisis del Mercado de Capitales y Regulación Financiera; Giancarlo Chang es Especialista de Regulación Financiera y Mercado de Capitales; y, Óscar Salazar es Especialista de Análisis del Sistema Financiero. Las opiniones presentadas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representa la posición de alguna de las instituciones a las que están afiliados.

# IDENTIFYING CREDIT BOOMS: A METHODOLOGICAL PROPOSAL USING ECONOMIC FUNDAMENTALS\*

ERICK LAHURA,  
GIANCARLO CHANG Y ÓSCAR SALAZAR†

## Abstract

*We propose an alternative methodology to identify episodes of credit boom based on economic fundamentals. A credit boom is defined as a period during which the level of credit deviates “excessively” from its trend after registering a period of persistent growth. The proposed methodology models credit deviations as a function of: (i) economic fundamentals, and (ii) a state variable that is not observable, which measures the component of credit deviations that is not associated with fundamentals. A credit equation is then estimated from its state-space representation (SS) using the Kalman filter (FK). The proposed methodology is applied to the case of Peru using monthly data for the period January 1994-September 2012. The results suggest two possible episodes of credit boom in Peru, whose peaks were reached in November 2008 and May 2011, respectively.*

**Key words** : Credit boom, credit, Kalman filter  
**JEL Classification** : C22, E44, G21

---

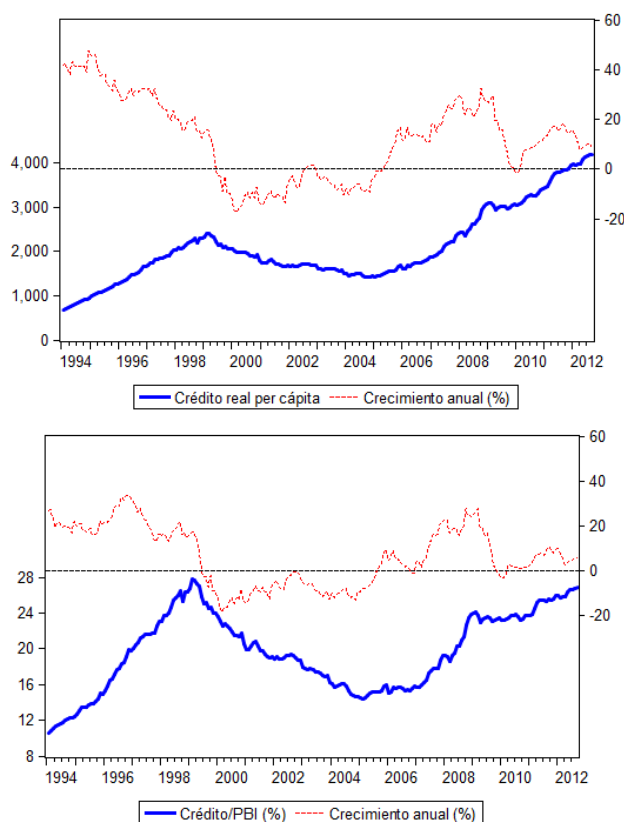
\*The authors are grateful to Adrián Armas, Fabrizio Orrego, Renzo Rossini, and Tanja Sturm for their invaluable comments and suggestions. Also, they would like thank to María Paula Vargas for superb research assistance.

†The authors work at the Central Reserve Bank of Peru. Erick Lahura is Head of Capital Market Analysis and Financial Regulation; Giancarlo Chang is Analyst in the Capital Market Analysis and Financial Regulation Unit; and Óscar Salazar is Analyst in the Financial System Analysis Unit. The views expressed in this paper are those of the authors and do not necessarily reflect the position of the Central Reserve Bank of Peru.

# 1. Introducción

Luego de la adopción del programa de estabilización de 1990, el nivel de crédito al sector privado en el Perú y su tasa de crecimiento anual han mostrado un comportamiento tendencial en diferentes períodos. Específicamente, el nivel de crédito al sector privado, medido como Crédito/PBI y crédito real per cápita en la Figura 1, registró una tendencia positiva durante los períodos 1991-1999 y 2005-2012. Por su parte, la tasa de crecimiento anual del crédito también ha registrado un crecimiento persistente (tendencia positiva), siendo los episodios más resaltantes los que se extienden desde mediados del año 2005 hasta inicios del año 2009 y desde inicios del año 2010 hasta mediados del año 2011.

**Figura 1.** *Evolución reciente del crédito en el Perú: 1994-2012*



NOTA: El crédito se define como el total de colocaciones del sistema bancario al sector privado. El crédito/PBI (expresado en porcentajes) y el crédito real per cápita (expresado en nuevos soles constantes) se miden en el eje izquierdo, mientras que su tasa de crecimiento (expresado en porcentajes) se mide en el eje derecho.

El crecimiento persistente del crédito es un hecho que usualmente se observa luego de la adopción de un programa de estabilización y liberalización macroeconómica, o cuando la economía experimenta un proceso de crecimiento sostenido del nivel de actividad. Un mayor nivel de crédito implica mayores oportunidades

de financiamiento para el consumo y la inversión. En este sentido, un período de crecimiento persistente del crédito, también conocido en la literatura como episodio de auge o *boom* crediticio, es beneficioso si permite alcanzar un mayor nivel de profundización financiera que, a la vez, contribuye al crecimiento económico. Sin embargo, si la regulación financiera no lo previene, un episodio de auge crediticio también puede tener implicancias negativas sobre la estabilidad financiera si se traduce en, por ejemplo, el relajamiento de las condiciones crediticias y mayores niveles de sobre-endeudamiento. Por ello, resulta importante contar con herramientas que permitan identificar oportunamente episodios de auge crediticio y, de esta forma, se pueda determinar si son beneficiosos o no para la profundización financiera y el crecimiento económico.

Específicamente, un episodio de auge crediticio puede definirse como un período durante el cual la trayectoria del nivel de crédito se desvía “en exceso” (es decir, por encima de un nivel referencial o umbral) respecto de su “tendencia” luego de registrar un período de “crecimiento persistente”. Por un lado, se dice que el crédito está experimentando un crecimiento persistente cuando su tasa de crecimiento muestra una tendencia positiva por un período prolongado de tiempo. Si bien no existe un consenso en la literatura, usualmente un intervalo de tiempo de un año o más se considera un período prolongado de tiempo. Por otro lado, la tendencia del nivel de crédito puede entenderse de diferentes formas: desde una simple tendencia lineal que captura su componente determinístico, hasta una trayectoria no determinística que refleja su nivel de equilibrio (o de largo plazo) y que está determinada por sus fundamentos (como, por ejemplo, el nivel de actividad).

La literatura proporciona diferentes metodologías para calcular la “tendencia” y el “desvío excesivo” del nivel de crédito, las cuales pueden agruparse en: (i) estudios estadísticos, y (ii) estudios basados en los fundamentos del crédito. Los estudios estadísticos son aquellos donde la tendencia se estima a partir de un filtro estadístico (habitualmente el filtro de Hodrick-Prescott o HP) y el umbral se determina usando criterios estadísticos convencionales (por ejemplo, 2 desviaciones estándar). Bajo este enfoque, Gourinchas et al. (2001), Tornell y Westermann (2002), IMF (2004), Ottens et al. (2005) y Mendoza y Terrones (2008) proporcionan diferentes alternativas para medir la tendencia y el umbral que define un episodio de auge crediticio, las cuales han sido usadas en trabajos como Hilbers et al. (2005), Sa (2006), Orrego (2009), entre otros. Sin embargo, una de las principales críticas a este tipo de estudios es la arbitrariedad en la elección de la magnitud del umbral que define un episodio de auge crediticio.

Por otro lado, los estudios basados en los fundamentos del crédito estiman una ecuación de equilibrio (o de largo plazo) para el crédito y se calcula la desviación respecto del nivel de equilibrio a través de predicciones fuera de la muestra. Entre los trabajos más recientes figuran Cottarelli et al. (2005), Égert et al. (2006), Kiss et al. (2006) y Coudert y Pouvelle (2010), quienes utilizan técnicas de cointegración para datos de panel, y Boissay et al. (2005), quienes estiman modelos vectoriales de

corrección de errores para diferentes países. En estos estudios, la ecuación de equilibrio del crédito depende de variables fundamentales como el PBI real, las tasas de interés nominal y real, el régimen cambiario, entre otras.

El caso del crédito en el Perú ha sido estudiado por Mendoza y Terrones (2008) y Orrego (2009), quienes no encuentran evidencia de episodios de auge crediticio al menos hasta finales del año 2008.<sup>1</sup> En particular, Orrego (2009) sólo encuentra “indicios” de un posible episodio de auge crediticio en el año 1998 y un crecimiento robusto del crédito en el año 2008.

Este documento de trabajo propone una metodología alternativa de identificación de períodos de auge crediticio, la cual no se limita al uso de criterios estadísticos para la determinación del umbral sino que toma en cuenta las variables fundamentales que explican el crédito al sector privado. La propuesta metodológica se basa en la estimación de una ecuación de crédito a partir de su representación estado-espacio (SS) y el uso del filtro de Kalman (FK). En particular, las desviaciones del crédito (respecto de su tendencia filtrada) se modelan en función de: (i) variables fundamentales (medidas como desviaciones respecto de su tendencia filtrada), y (ii) una variable (de estado) no observable, la cual mide el componente de las desviaciones del crédito que no está asociado a sus fundamentos.

La variable de estado de la representación SS permite identificar episodios de auge o contracción del crédito. Específicamente, un episodio de auge crediticio se identifica como aquel período durante el cual: (i) la variable de estado es positiva y estadísticamente significativa; y (ii) el crédito registra un crecimiento positivo y persistente (es decir, la tasa de crecimiento muestra una tendencia positiva).

La metodología propuesta se aplica al caso peruano utilizando información mensual para el período enero 1994-setiembre 2012 y dos medidas de crédito: (i) crédito sobre PBI, y (ii) crédito real per cápita. Los resultados permiten identificar dos períodos de auge crediticio en el Perú, que coinciden con períodos de crecimiento persistente del crédito: (i) entre finales de 2008 e inicios de 2009, que alcanzó su punto máximo en noviembre del 2008; y, (ii) entre abril y junio de 2011, que alcanzó su punto máximo en mayo del 2011. Además, al aplicar la metodología propuesta por Mendoza y Terrones (2008) sólo es posible identificar el primer episodio.

Dados los resultados, es importante señalar que los episodios de auge crediticio identificados en el caso peruano no han sido necesariamente períodos de crecimiento insostenible del crédito. Dadas las características de un episodio “malo” de auge crediticio señaladas por DellAriccia et al. (2012), y tomando en cuenta los eventos posteriores a los episodios de auge crediticio identificados en el caso peruano, se puede inferir que estos episodios no han sido perversos.

---

<sup>1</sup>Mendoza y Terrones (2008) utiliza información anual para el período 1960-2006, mientras que Orrego (2009) utiliza información mensual entre enero 1992 – noviembre 2008

Por otro lado, la metodología propuesta representa una alternativa intermedia entre el enfoque estadístico y el de fundamentos, pues se basa en la estimación de una ecuación con fundamentos para explicar los “ciclos” de las variables (enfoque de fundamentos), mientras que la tendencia se estima a través del filtro HP (enfoque estadístico).<sup>2</sup> En este sentido, además de contribuir como una herramienta adicional para las autoridades encargadas de velar por la estabilidad del sistema financiero, una de las potenciales ventajas de la metodología propuesta es que permite proyectar el nivel de crédito “normal” en base a la proyección de variables económicas (fundamentos), lo cual no es posible con el enfoque estadístico.

Finalmente, es necesario indicar que este documento se enfoca en la identificación de períodos de auge crediticio mas no en la explicación de su origen, tema que debería ser parte de un trabajo de investigación posterior. No obstante, el Apéndice B presenta un breve resumen de posibles explicaciones del surgimiento de períodos de auge crediticio que se proponen en trabajos recientes como Gourinchas et al. (2001), Schneider y Tornell (1999), Aghion et al. (2004), Hernández y Landerretche (1999), Reinhart y Reinhart (2009) y Mendoza y Terrones (2012).

El resto del documento consta de cuatro secciones adicionales. En la sección 2 se analizan las principales características de la evolución del crédito en el Perú. En la sección 3 se describe la propuesta metodológica y en la sección 4 se presentan los resultados para el caso peruano. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones.

## 2. Algunos hechos estilizados

Más allá de la discusión sobre la dirección causal entre el desarrollo del sistema financiero y el nivel de actividad de la economía, es casi un hecho estilizado la importancia del buen funcionamiento del sistema financiero para garantizar la actividad productiva y el crecimiento económico.<sup>3</sup> Un elevado nivel de profundización financiera está usualmente asociado a mayores niveles de inversión y productividad, así como a una mayor sofisticación de las empresas o familias en el uso de sus recursos. Sin embargo, también podría reflejar una mayor flexibilización de las condiciones crediticias debido una mayor disponibilidad de fuentes de fondeo, que podría tener efectos negativos sobre la estabilidad financiera.

Si bien el nivel de profundización bancaria en el Perú (medido como crédito real per cápita o crédito/PBI en la Figura 1) aún está por debajo de los niveles registrados por otros países de la región (por ejemplo, Chile y Brasil registran un nivel de crédito/PBI por encima de 30 por ciento), el crédito ha registrado episodios

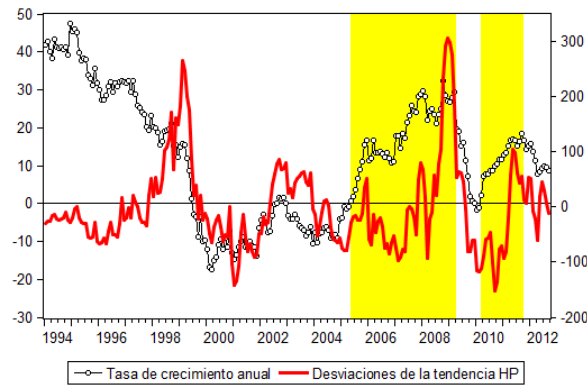
---

<sup>2</sup>Cabe señalar que en las investigaciones basadas en modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos (DSGE, por sus siglas en inglés), es una práctica común utilizar el filtro HP para calcular los ciclos de las series.

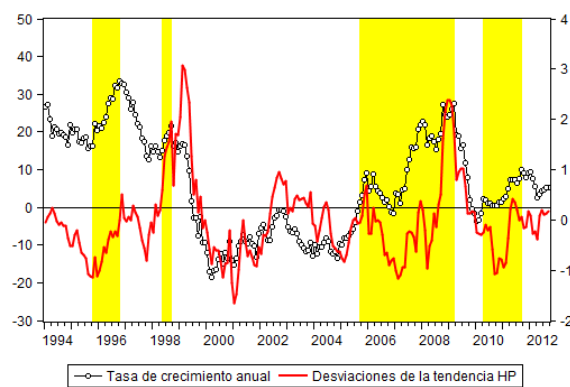
<sup>3</sup>Levine (2005) y Ang (2008) son dos de los trabajos más importantes donde se analiza el estado actual del estudio de la relación entre el sistema financiero y el crecimiento económico.

en los que se desvía de manera importante respecto de su tendencia. La Figura 2 muestra las desviaciones del nivel de crédito respecto de su tendencia, obtenida al aplicar el filtro Hodrick-Prescott (HP), y la evolución de la tasa de crecimiento anual del crédito.

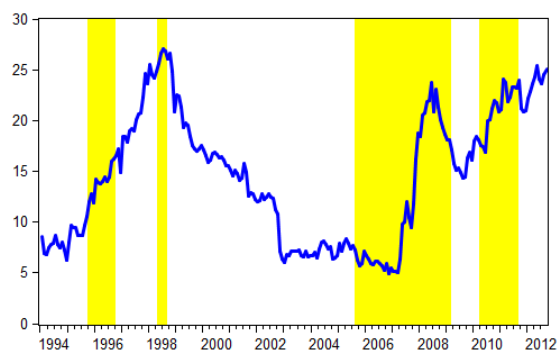
**Figura 2. Hechos estilizados**



(a) Crédito real per cápita



(b) Crédito/PBI



(c) Adeudados con el exterior / Colocaciones

NOTA: En las tres figuras, las unidades de medida del eje izquierdo son porcentajes. El eje derecho de la primera figura está expresado en nuevos soles reales, mientras que el de la segunda figura se mide en porcentajes. La zona sombreada representa los períodos en los que la tasa de crecimiento del crédito muestra una tendencia positiva (crecimiento persistente).



A partir de la Figura 2, se observa que el crédito se desvía por encima de su tendencia en diferentes períodos, destacando los siguientes: entre finales del año 1997 e inicios de 1999, mediados de 2002 y finales de 2003, mediados de 2008 y finales de 2009, inicios de 2011 e inicios de 2012. Sin embargo, sólo los dos últimos incluyen episodios de crecimiento persistente del crédito que pueden conducir a un nivel excesivo de crédito. Por ello, estos dos últimos períodos son posibles candidatos de episodios de auge crediticio.

Hacia finales del año 1998 y comienzos del año 1999, se observa un máximo histórico en el nivel de profundización bancaria el cual se reduce de manera persistente hasta finales del año 2004 (ver Figura 1). Este máximo histórico es precedido por una gran afluencia de capitales de corto plazo (adeudados con el exterior como porcentaje de las colocaciones) que se observa desde el año 1997 y que se reduce desde finales del año 1998 como consecuencia de la contracción de las líneas de crédito del exterior luego de la crisis rusa. Dados estos hechos, una hipótesis es que este período correspondería a un posible episodio de auge crediticio, como lo sugiere Orrego (2009), el cual podría haber estado impulsado por la abundancia de financiamiento de corto plazo. Sin embargo, el hecho de que el crédito muestre una desaceleración durante ese período no sería consistente con la idea de que en un episodio de auge crediticio el crédito crece persistentemente.

Posteriormente, el nivel de profundización bancaria muestra una recuperación gradual a partir del año 2004, la cual coincide con el proceso de mejora de la supervisión y regulación del sistema financiero que se ha venido implementando tomando en cuenta los estándares internacionales vigentes.<sup>4</sup> Así, por ejemplo, se ha venido fomentando la transparencia de información del sistema financiero, la necesidad de que las entidades financieras mantengan niveles adecuados de capital, entre otras medidas.

Entre finales del año 2008 e inicios del 2009 se observa un nuevo máximo en el crédito (ver Figura 1), aunque menos pronunciado, el cual también se puede asociar a un posible período de auge crediticio, como lo señala Orrego (2009). Entre diciembre del año 2006<sup>5</sup> y marzo del año 2008, se registró nuevamente una fuerte entrada de capitales de corto plazo (que llegaron a representar alrededor del 25 % de las colocaciones), la cual se revirtió en el año 2009 cuando la crisis financiera internacional afectó a la economía peruana. Sin embargo, y a diferencia del episodio anterior, el crédito creció persistentemente hasta inicios del año 2009.

---

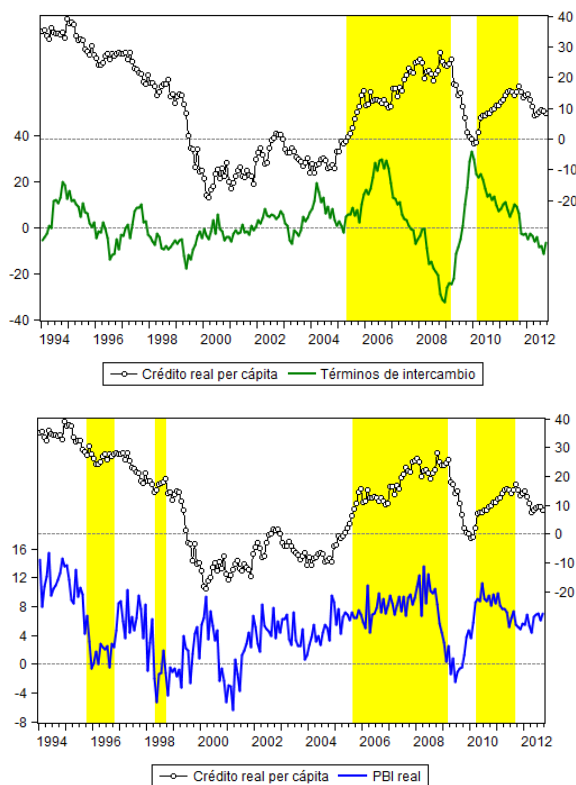
<sup>4</sup>Desde el año 2003, la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS) ha venido trabajando en la implementación y adecuación de las recomendaciones propuestas por el Acuerdo de Basilea II y, desde el 2011, en las del Acuerdo de Basilea III. Asimismo, en el año 2005, el Programa de Evaluación del Sistema Financiero (FSAP) del FMI diagnosticó que el sistema financiero peruano cumplía con más del 95 % de los principios internacionalmente aceptados como necesarios para una efectiva supervisión bancaria.

<sup>5</sup>El Banco de Crédito del Perú, el banco de mayor tamaño en el Perú, obtuvo grado de inversión en octubre de 2006 por parte de la clasificadora Fitch Ratings.

Luego de la desaceleración del crédito observada durante el año 2009, el nivel de las líneas del exterior se mantuvo estable, lo cual reflejó la solvencia de los bancos peruanos. Así, simultáneamente con la recuperación de la economía, entre inicios del año 2010 e inicios del año 2011 el crédito registró nuevamente un período de crecimiento persistente (crecimiento con tendencia positiva), el cual podría representar un segundo episodio de auge crediticio.

El comportamiento del crédito real durante el período analizado muestra una relación estable con el PBI real y los términos de intercambio excepto alrededor de las crisis internacionales: (i) entre mediados del año 1997 y mediados del año 1999, período que abarca el inicio y estabilización de la crisis asiática (la cual se inició en julio de 1997) y la crisis rusa (que se inició en agosto de 1998); y (ii) entre mediados del año 2007 y mediados del año 2009, período que abarca el inicio de la reciente crisis financiera internacional. Estos dos episodios, que están representados por la zona sombreada de la Figura 3, incluyen los posibles episodios de auge crediticio descritos antes.

**Figura 3.** Crédito real, PBI real y términos de intercambio (crecimiento últimos 12 meses)



NOTA: En ambos gráficos, el crecimiento del crédito real se mide en el eje derecho (porcentajes), mientras que el crecimiento del PBI real y los términos de intercambio en el eje izquierdo (porcentajes). La zona sombreada representa los períodos en los que la tasa de crecimiento del crédito muestra una tendencia positiva (crecimiento persistente).

Finalmente, en la muestra analizada, el PBI real ha registrado dos períodos de alto crecimiento económico que han coincidido con una evolución favorable de los términos de intercambio: (i) durante el año 1994 y parte del año 1995; y, (ii) desde el segundo semestre del año 2002 hasta el año 2008, alcanzando tasas mayores al 6% (nivel que puede ser considerado como “potencial” para la economía peruana). Luego del inicio de la crisis financiera internacional, la economía se desacelera en el año 2009, retomando la senda del crecimiento en el año 2010 hasta alcanzar actualmente niveles cercanos al potencial.

### 3. Propuesta metodológica

Tomando en cuenta los resultados de trabajos previos de la literatura y los hechos estilizados identificados en la sección anterior, se plantea el siguiente modelo que permite describir la evolución del crédito:

$$C_t^d = a_1 + a_2 Y_t^d + a_3 T I_t^d + h_1 \xi_t + \omega_t$$

donde  $C_t^d$  es el crédito (crédito real per cápita o crédito/PBI),  $Y_t^d$  el logaritmo del PBI real y  $T I_t^d$  el logaritmo de los términos de intercambio. El superíndice “d” indica que todas las variables están expresadas como desviaciones respecto de su tendencia filtrada con HP. El término  $\xi_t$  representa el componente del crédito que se desvía sistemáticamente de sus fundamentos y, por lo tanto, mide los episodios de auge de crédito (si la desviación es positiva) o contracción (si la desviación es negativa).

El objetivo es cuantificar la variable no observable  $\xi_t$ , tomando en cuenta que forma parte de la ecuación  $C_t^d = a_1 + a_2 Y_t^d + a_3 T I_t^d + h_1 \xi_t + \omega_t$ . Una forma natural de hacerlo es aplicando el filtro de Kalman a su representación estado espacio. Esta metodología permitirá contar con una serie estimada para  $\xi_t$  y una banda de confianza que permitirá evaluar estadísticamente si valores positivos (o negativos) de  $\xi_t$  son significativos; es decir, si un período de auge (o contracción) es estadísticamente significativo.

Tomando en cuenta la descripción general sobre el uso del filtro de Kalman en un modelo estado-espacio (SS) que se presenta en el Anexo, la representación SS del crédito puede escribirse como:

$$\begin{aligned} \xi_{t+1} &= F \xi_t + v_{t+1} \\ y_t &= A' x_t + H' \xi_t + \omega_t \end{aligned}$$

donde  $y_t$  es un vector (1x1) que contiene al crédito,  $x_t$  es un vector (2x1) que contiene  $Y_t^d$  y  $T I_t^d$ ,  $\xi_t$  es la variable de estado (un escalar, que representa episodios de auge/contracción) y  $F$ ,  $A'$  y  $H'$  son matrices de parámetros con dimensiones (1x1), (1x2) y (1x1) respectivamente. La ecuación (1) se denomina *ecuación de estado* y la ecuación (2) se denomina *ecuación de observación*. Los errores  $v_t$  (rx1)

y  $\omega_t$  (nx1) están descritos por procesos ruido blanco con media cero y segundos momentos descritos por:

$$E(v_t^2) = \begin{cases} q, & \text{para } t = \tau \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases}$$

$$E(\omega_t^2) = \begin{cases} r, & \text{para } t = \tau \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases}$$

donde  $q$  y  $r$  son dambos escalares. Además,  $v_t$  y  $\omega_t$  no están correlacionadas en ningún período:

$$E(v_t \omega_t) = 0, \text{ para todo } t \text{ y } \tau.$$

Uno de los usos más importantes del filtro de Kalman, y que se aplica en este documento, es hacer predicciones mínimo cuadráticas de la variable de estado  $\xi_t$  usando la información disponible  $Y_t$ :

$$\widehat{\xi}_{t+1|t} = \widehat{E}(\xi_{t+1}|Y_t)$$

donde  $Y_t = (y'_t, y'_{t-1}, y'_{t-2}, \dots, y'_1, x'_t, x'_{t-1}, x'_{t-2}, \dots, x'_1)$  y  $\widehat{\xi}(\xi_{t+1}|Y_t)$  denota la proyección lineal de  $\xi_{t+1}$  sobre una constante y las variables contenidas en  $Y_t$ . El filtro de Kalman calcula recursivamente estas predicciones, generando la secuencia de predicciones:  $\widehat{\xi}_{1|0}, \widehat{\xi}_{2|1}, \widehat{\xi}_{3|2}, \dots, \widehat{\xi}_{T|T-1}$  y los errores cuadrático medio (MSE, por sus siglas en inglés) correspondientes:

$$P_{t+1|t} = E[(\xi_{t+1} - \widehat{\xi}_{t+1|t})(\xi_{t+1} - \widehat{\xi}_{t+1|t})]$$

donde  $P_{t+1|t}$  es de orden 1x1.

Dado que en el modelo planteado la variable de estado (no observable)  $\xi_t$  se interpreta como episodios de auge o contracción, es decir, tiene una interpretación “estructural”, Hamilton (1994) sugiere hacer inferencia sobre el valor de  $\xi_t$  en “t” usando la información completa de la muestra (es decir, hasta “T”) y no solamente la información disponible hasta “t-1”. A esta inferencia se le denomina “estimado suavizado” de  $\xi_t$  (*smoothed state variable*) y se denota como:

$$\widehat{\xi}_{t|T} \equiv \widehat{E}(\xi_t|Y_T)$$

cuyo MSE es:

$$P_{t|T} = E[(\xi_t - \widehat{\xi}_{t|T})(\xi_t - \widehat{\xi}_{t|T})]$$

En resumen, el filtro de Kalman aplicado a la representación SS del modelo planteado permitirá identificar episodios de auge crediticio cuando suceda que  $\xi_t > 0$  y sea estadísticamente significativo. Sin embargo, es necesario que el crecimiento del crédito sea persistente cuando la variable de estado sea positiva.

## 4. Resultados Empíricos

Los datos utilizados son frecuencia mensual y abarcan el período comprendido entre enero de 1994 y setiembre de 2012. Esta información se ha obtenido del portal institucional del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) y de los “balances de comprobación” reportados por las entidades bancarias.

El crédito nominal se define como la suma de las colocaciones en moneda nacional y extranjera (expresada en nuevos soles) del sistema bancario al sector privado. Las colocaciones en moneda extranjera se convirtieron a nuevos soles utilizando el tipo de cambio nominal del balance mensual reportado por cada banco. A partir de esta serie se construyeron dos indicadores de crédito: (i) crédito sobre PBI nominal, y (ii) crédito real per cápita.<sup>6</sup> Alternativamente, y con el objetivo de eliminar el posible efecto de las fluctuaciones del tipo de cambio en la evolución del crédito en moneda extranjera, se construyó una serie alternativa de crédito nominal en moneda extranjera expresada en nuevos soles utilizando un tipo de cambio constante (fijo).<sup>7</sup>

Para la estimación de la ecuación de equilibrio del crédito, se usaron como variables fundamentales el PBI real y los términos de intercambio.

### 4.1. Enfoque estadístico

Primero, se aplica la metodología propuesta por Mendoza y Terrones (2008) para tratar de identificar episodios de auge crediticio. La Figura 4 muestra la evolución del crédito real per cápita y del Crédito/PBI (figura de la izquierda del panel (a) y figura de la izquierda del panel (b), respectivamente), así como sus respectivas tasas de crecimiento, para el período enero 1994–setiembre 2012.

Al aplicar la metodología de Mendoza y Terrones (2008) a estos dos indicadores de crédito, es posible identificar dos episodios de auge crediticio: (i) desde febrero del año 1999 hasta marzo del año 1999 (hasta mayo del año 1999 para el indicador crédito/PBI); y (ii) desde octubre del año 2008 hasta febrero del año 2009 (desde noviembre del año 2008 para el indicador crédito/PBI).<sup>8</sup> Estos dos episodios se ilustran a través de las zonas sombreadas de la Figura 4, en los cuales la desviación del crédito supera un umbral estimado (como se ilustra en las figuras de la derecha de cada panel de la Figura 4).

El primero de los episodios identificados se produce luego de que la economía registrara un período de crecimiento económico importante. Este episodio de auge crediticio tuvo una corta duración, llegando a su fin en un entorno de crisis internacional y con el advenimiento de un fenómeno de El Niño particularmente severo.

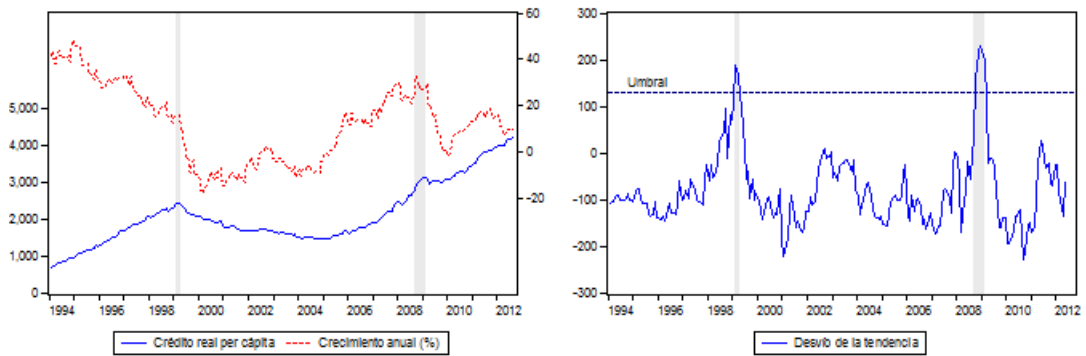
---

<sup>6</sup>El crédito real per cápita se obtiene deflactando las colocaciones nominales con el Índice de Precios al Consumidor y una extrapolación simple de la serie anual de población.

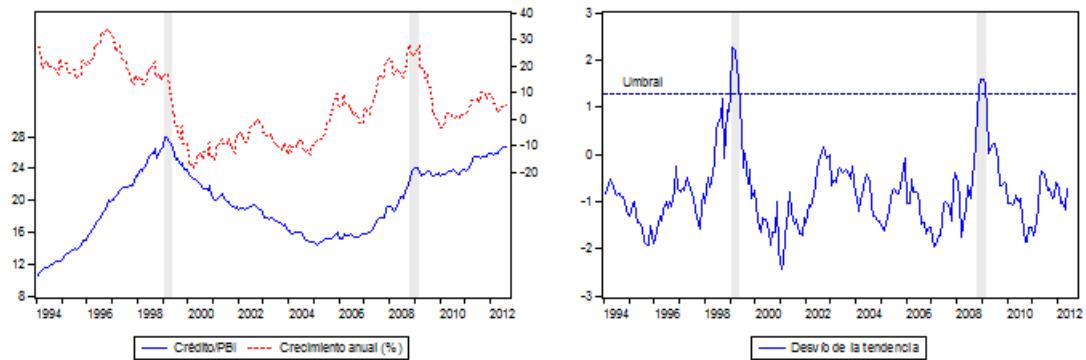
<sup>7</sup>Al igual que en Orrego (2009), se utilizó el tipo de cambio de mayo de 2008 (S/. 2.8 por dólar).

<sup>8</sup>El Apéndice D muestra algunos resultados preliminares sobre posibles episodios de auge crediticio por tipo de crédito.

**Figura 4.** *Episodios de auge crediticio usando Mendoza y Terrones (2008)*



(a) Mendoza y Terrones (2008) con crédito real per cápita



(b) Mendoza y Terrones (2008) con Crédito/PBI

NOTA: En las dos figuras del panel (a), el eje vertical se mide en nuevos soles per cápita, mientras que las del panel (b) el eje vertical se mide en porcentajes. En las figuras de la derecha, las líneas punteadas horizontales representan el umbral calculado a partir de la metodología de Mendoza y Terrones (2008). Las zonas verticales sombreadas representan los episodios de auge crediticio, los cuales incluyen todos los períodos en los que la desviación de la tendencia excedió el umbral.

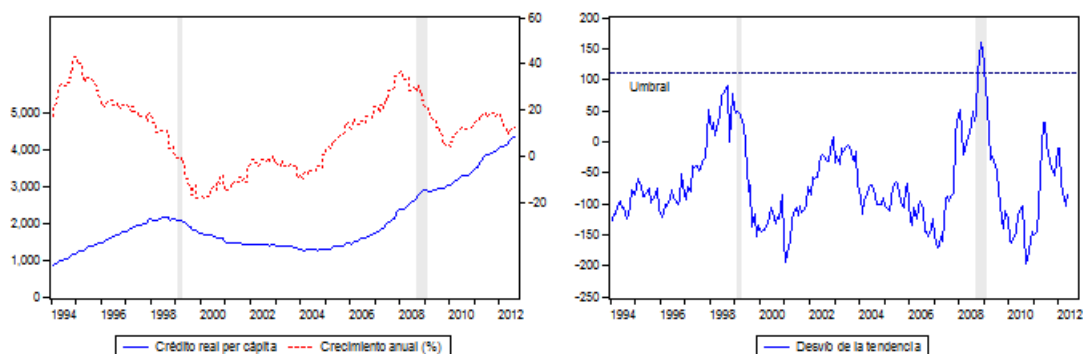
Esto generó problemas de liquidez que comprometieron la solvencia de las entidades financieras y ocasionaron una contracción de la oferta de créditos.

El segundo episodio identificado tuvo una mayor duración y también fue antecedido por un prolongado período de expansión económica. Sin embargo, en este episodio se dieron hechos que contribuyeron a incrementar la oferta de crédito como el otorgamiento de grado de inversión, las bajas tasas de interés internacionales y la mejora en las condiciones crediticias locales. Sin embargo, esta situación se debilitó con la consolidación de la crisis financiera internacional, la cual impactó negativamente en la solvencia de las entidades financieras internacionales y contribuyó a la desaceleración económica de nuestro país.

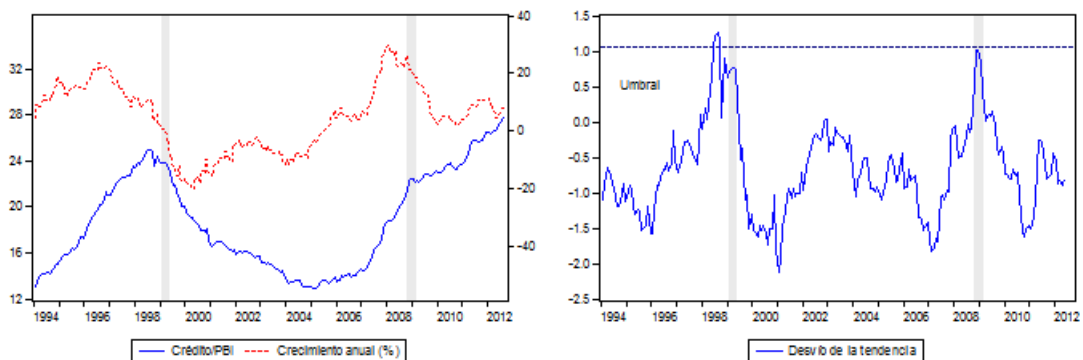
La Figura 5 muestra los resultados que se obtienen al utilizar un tipo de cambio constante en la construcción de los indicadores de crédito. En el caso del crédito real

per cápita sólo es posible identificar el segundo episodio de auge crediticio, mientras que al utilizar Crédito/PBI sólo se identifica un episodio de auge crediticio entre julio y setiembre del año 1998.

**Figura 5.** *Episodios de auge crediticio usando Mendoza y Terrones (2008) - Tipo de cambio constante*



(a) Mendoza y Terrones (2008) con crédito real per cápita (tipo de cambio constante)



(b) Mendoza y Terrones (2008) con Crédito/PBI (tipo de cambio constante)

NOTA: En las dos figuras del panel (a), el eje vertical se mide en nuevos soles per cápita, mientras que las del panel (b) el eje vertical se mide en porcentajes. En las figuras de la derecha, las líneas punteadas horizontales representan el umbral calculado a partir de la metodología de Mendoza y Terrones (2008). Para efectos comparativos, las zonas verticales sombreadas representan los episodios de auge crediticio identificados en la Figura 4.

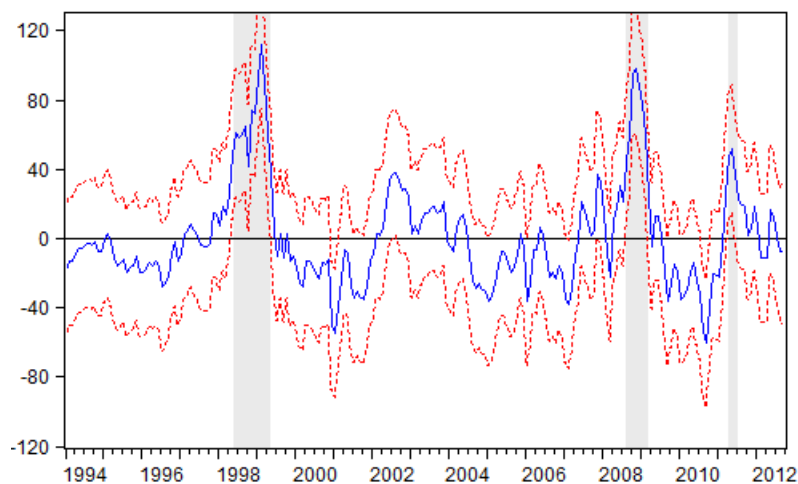
## 4.2. Modelo estado-espacio y filtro de Kalman

La propuesta metodológica se basa en la estimación de una ecuación de crédito a partir de su representación estado-espacio (SS) utilizando el filtro de Kalman (FK). En particular, se modelan las desviaciones del crédito (respecto de su tendencia filtrada con HP) en función de sus variables fundamentales (medidas como desviaciones respecto de su tendencia filtrada con HP) y una variable de estado (no

observable) que mide el componente de las desviaciones del crédito que no está asociado a sus fundamentos. Bajo esta especificación, la variable de estado representa los episodios de auge o contracción del crédito. Las variables fundamentales consideradas son el logaritmo del PBI real y el logaritmo de los términos de intercambio (ambas variables medidas como desviaciones respecto de su tendencia filtrada con HP).

La Figura 6 muestra la evolución de la variable de estado (línea continua), la cual representa las desviaciones sistemáticas del crédito no explicadas por sus fundamentos. Las bandas de confianza (líneas punteadas) permiten identificar si las desviaciones son estadísticamente significativas. Las desviaciones positivas y significativas se indican con las áreas verticales sombreadas y representan episodios de auge crediticio si durante ese período se observa un crecimiento persistente del crédito.

**Figura 6.** *Filtro de Kalman e identificación de episodios de auge crediticio*



NOTA: La línea sólida ilustra la evolución de las desviaciones del crédito real per cápita (respecto de su tendencia filtrada) que no están asociadas a las variables fundamentales (es decir, la variable de estado del modelo especificado). Las líneas punteadas representan las bandas de confianza (2 veces la desviación estándar), con las cuales es posible determinar si una desviación es estadísticamente diferente de cero. El área sombreada representa los períodos en los que las desviaciones son positivas y estadísticamente significativas. El eje vertical está expresado en nuevos soles per cápita.

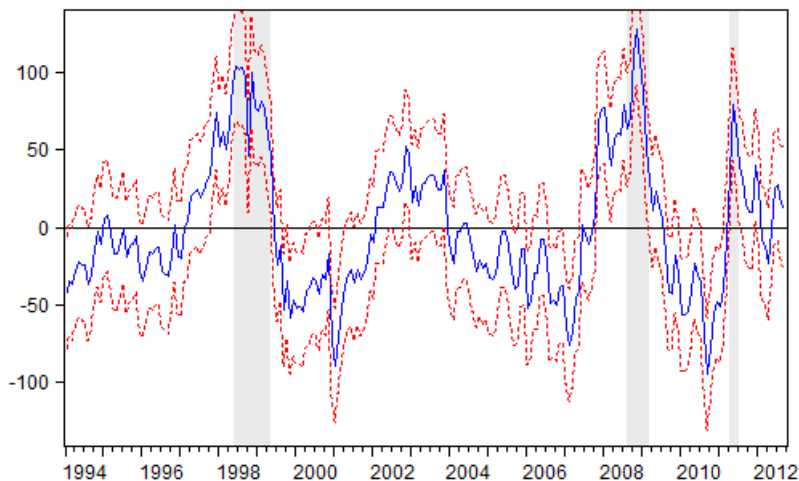
Asimismo, la Figura 6 muestra tres períodos donde la variable de estado es positiva y estadísticamente significativa: (i) entre mayo del año 1998 y abril del año 1999; (ii) entre agosto del año 2008 y febrero del año 2009; y, (iii) entre abril y junio del año 2011. Sin embargo, sólo los dos últimos pueden ser considerados como episodios de auge crediticio pues el crédito crece persistentemente en esos episodios, alcanzando sus niveles máximos en noviembre de 2008 y mayo de 2011,<sup>9</sup> respectivamente.

<sup>9</sup>La interrupción de este episodio de auge crediticio coincide con el hecho que, a mediados de junio de 2011, se conoce oficialmente el resultado de la segunda vuelta electoral presidencial.



A diferencia del enfoque estadístico, los resultados obtenidos con la metodología propuesta se confirman si se utilizan los indicadores de crédito basados en un tipo de cambio constante para el componente en moneda extranjera. Como se observa en la Figura 7, el primer episodio de auge crediticio es más prolongado (pues empieza en el segundo en octubre del año 2007).

**Figura 7.** *Filtro de Kalman e identificación de episodios de auge crediticio (tipo de cambio constante)*

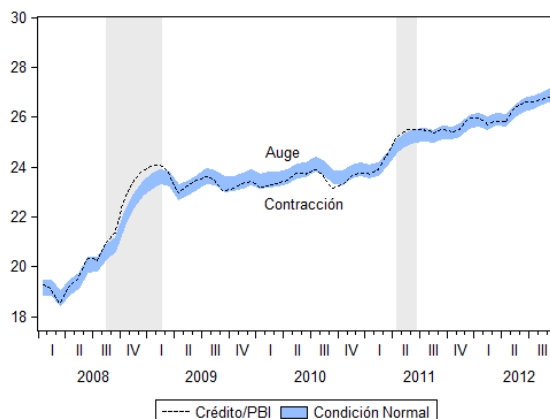


NOTA: La línea sólida ilustra la evolución de las desviaciones del crédito real per cápita (respecto de su tendencia filtrada) que no están asociadas a las variables fundamentales (es decir, la variable de estado del modelo especificado). Las líneas punteadas representan las bandas de confianza (2 veces la desviación estándar), con las cuales es posible determinar si una desviación es estadísticamente diferente de cero. El área sombreada representa los períodos en los que las desviaciones son positivas y estadísticamente significativas. El eje vertical está expresado en nuevos soles per cápita. Para efectos comparativos, los períodos de auge crediticio identificados en la Figura 6 se indican con el área sombreada.

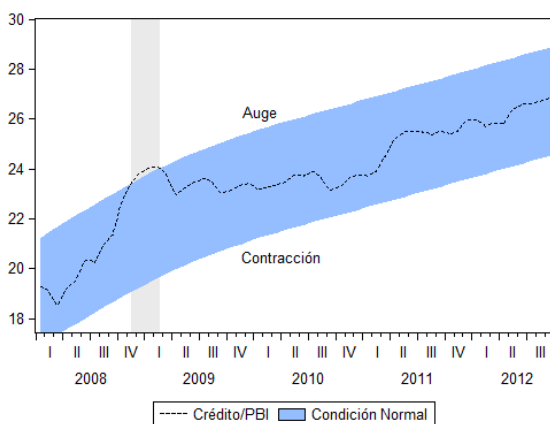
La Figura 8 permite comparar los resultados de la metodología propuesta en este documento de trabajo con los que se obtiene al aplicar la metodología de Mendoza y Terrones (2008). Este gráfico muestra la evolución del crédito/PBI (desde enero 2008) y una franja denominada “condición normal”, la cual permite identificar episodios de auge crediticio: si la serie se ubica por encima (debajo) de la franja, se dice que el crédito está en auge (contracción), mientras que si se ubica dentro de la franja se dice que el crédito está en condiciones normales. Cabe destacar que bajo la metodología propuesta la franja “condición normal” es más angosta, lo cual sugiere una mayor precisión en la identificación de los episodios de auge.

Además de contribuir como una herramienta adicional disponible para las autoridades encargadas de velar por la estabilidad del sistema financiero, una de las potenciales ventajas de la metodología propuesta es que permite proyectar el nivel de crédito “normal” en base a la proyección de variables económicas (fundamentos), lo cual no es posible con el enfoque estadístico. Una segunda ventaja es que los

**Figura 8.** *Episodios de auge crediticio: Comparación de metodologías*



(a) Filtro de Kalman



(b) Mendoza y Terrones (2008)

NOTA: La línea punteada ilustra la evolución del ratio Crédito/PBI, mientras que la franja sombreada que la envuelve respresenta la zona en la que el crédito se considera como “normal” o “no excesivo”. El área vertical sombreada respresenta los episodios de auge crediticio identificados con cada metodología. En ambas figuras, el eje vertical está expresado porcentajes.

episodios identificados siguen siendo significativos incluso si se reduce la muestra, lo cual no sucede con el enfoque estadístico.

Finalmente, es importante señalar que los episodios de auge crediticio identificados en el caso peruano no han sido necesariamente períodos de crecimiento insostenible del crédito. Como lo señalan DellAriccia et al. (2012), un episodio “malo” de auge crediticio es aquel que termina desatando una crisis financiera y/o es sucedido por períodos extensos de crecimiento económico por debajo del potencial; además, tiende a ser más grande y de mayor duración (más de la mitad de los episodios de auge crediticio que registran una duración mayor a seis años terminan desencadenando una crisis) en comparación a otros. Sin embargo, también señalan que muchos

episodios de auge crediticio resultan en un mayor nivel de profundización financiera y contribuyen al crecimiento económico. Dadas estas características, y tomando en cuenta los eventos posteriores a los episodios de auge crediticio identificados en el caso peruano, se puede inferir que estos no han sido episodios malos.

## 5. Conclusiones

El presente documento de trabajo propone una metodología alternativa de identificación de períodos de auge crediticio, la cual no se limita al uso de criterios estadísticos para la determinación del umbral sino que toma en cuenta las posibles variables fundamentales que explican el crédito al sector privado. La propuesta metodológica se basa en la estimación de una ecuación de crédito a partir de su representación estado-espacio (SS) y el uso del filtro de Kalman (FK).

La metodología propuesta se aplica al caso peruano utilizando información mensual para el período que se extiende desde enero 1994 hasta setiembre 2012 y dos medidas de crédito: (i) crédito real per cápita, y (ii) crédito/PBI. Los resultados permiten identificar dos períodos de auge crediticio en el Perú, que coinciden con períodos de crecimiento persistente del crédito: (i) entre finales de 2008 e inicios de 2009, que alcanzó su punto máximo en noviembre del 2008; y, (ii) entre abril y junio de 2011, que alcanzó su punto máximo en mayo del 2011. Además, al aplicar la metodología propuesta por Mendoza y Terrones (2008) sólo es posible identificar el primer episodio.

Es importante señalar los episodios de auge crediticio identificados en el caso peruano no han sido necesariamente períodos de crecimiento insostenible del crédito. Dadas las características de un episodio ‘malo’ de auge crediticio señaladas por DellAriccia et al. (2012), y tomando en cuenta los eventos posteriores a los episodios de auge crediticio identificados en el caso peruano, se puede inferir que estos no han sido episodios malos.

Además de contribuir como una herramienta adicional disponible para las autoridades encargadas de velar por la estabilidad del sistema financiero, una de las potenciales ventajas de la metodología propuesta es que permite proyectar el nivel de crédito ‘normal’ en base a la proyección de variables económicas (fundamentos). Asimismo, los resultados obtenidos son robustos al indicador de crédito utilizado y a la muestra analizada.

Finalmente, la implementación del enfoque de fundamentos y el estudio de las posibles causas de episodios de auge crediticio son dos temas importante que, entre otros, quedan pendientes para investigaciones futuras.

## Referencias

- Aghion, Philippe, Pjhilippe Bacchetta y Abhijit Banerjee. 1999. "Financial liberalization and volatility in emerging market economies." En *The Asian Financial Crises: Causes, Contagion and Consequences*, editado por Agenor, P.R., Miller, M., Vines, D. y A. Weber, 167-190. Cambridge, UK: Cambridge University Press (fue publicado equivocadamente con el título "Capital Markets and the Instability of Open Economies").
- Aghion, Philippe, Pjhilippe Bacchetta y Abhijit Banerjee. 2004. "Financial Development and the Instability of Open Economies." *Journal of Monetary Economics* 51(6): 1077-1106.
- Ang, James. 2008. "A survey of recent developments in the literature of finance and growth." *Journal of Economic Surveys* 22(3): 536-576.
- Levine, Ross, Norman Loayza y Thorsten Beck. 2000. "Financial intermediation and growth: causality and causes." *Journal of Monetary Economics* 46(1): 31-77.
- Benhabib, Jess y Mark M. Spiegel. 2000. "The role of financial development in growth and investment", *Journal of Economic Growth* 5(4): 341-360.
- Boissay, Frédéric, Oscar Calvo-Gonzalez y Tomasz Kozluk. 2005. "Is lending in Central Eastern Europe developing too fast?" En *Financial Development, Integration and Stability*, editado por K. Liebscher. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Cotarelli, Carlo, Giovanni DellAriccia e Ivanna Vladkova-Hollar. 2005. "Early Birds, Late Risers and Sleeping Beauties: Bank Credit Growth to the Private Sector in Central and Eastern Europe and in the Balkans." *Journal of Banking and Finance* 29(1): 83-104.
- Coudert, Virginie y Cyril Pouvelle. 2008. "Is credit growth in central and eastern European countries excessive?." *Quarterly selection of articles - Bulletin de la Banque de France* 13: 63-102.
- Coudert, Virginie y Cyril Pouvelle. 2010. "Assessing the Sustainability of Credit Growth: The case of Central and Eastern European Countries." *The European Journal of Comparative Economics* 7(1): 87-120.
- Dell Ariccia, Giovanni, Deniz Igan, Luc Laeven, Hui Tong, Bas Bakker y Jerome Vandenbussche. 2012. "Policies for Macrofinancial Stability: How to Deal with Credit Booms." *International Monetary Fund Staff Discussion Notes* 12(6): 1-45.
- Demirguc-Kunt, Asli y Ross Levine. 2001. *Financial Structures and Economic Growth: A CrossCountry Comparison of Banks, Markets, and Development*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Égert, Balázs, Peter Backé y Tina Zumer. 2006. "Credit growth in Central and Eastern Europe - New (over)shooting stars?." *European Central Bank Working Paper* 687.
- Gourinchas, Pierre-Olivier, Rodrigo Valdés y Oscar Landerretche. 2001. "Lending Booms: Latin America and the World." *Economía* 1(2): 47-89.
- Hamilton, James. 1994. *Time Series Analysis*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Hernández y Landerretche. 1999. "Capital Inflows, Credit Booms, and Macroeconomic Vulnerability: The Cross-Country Experience." *Money Affairs* 12(1): 1-36.
- Hilbers, Paul, Inci Otker-Robe, Ceyla Pazarbasioglu y Gudrun Johnsen. 2005. "Assessing and Managing Rapid Credit Growth and the Role of Supervisory and Prudential Policies." *IMF Working Paper* 151(5): 1-58.
- International Monetary Fund. 2004. "Are credit booms in emerging markets a concern?" En *World Economic Outlook* Abril, Capítulo 4.
- King, Robert y Ross Levine. 1993. "Finance and growth: Schumpeter might be right." *Quarterly Journal of Economics* 108(3): 717-737.
- Kiss, Gergely, Márton Nagy y Balázs Vonnák. 2006. "Credit Growth In Central and Eastern Europe: Trend, Cycle or Boom?" *National Bank of Hungary Working Paper* 10: 1-34.
- La Porta, Rafael, Florencio Lopez de Silanes, Andrei Shleifer y Robert W. Vishny. 1998. "Law and Finance." *Journal of Political Economy* 106(6): 1113-1155.
- Lahura, Erick. 2012. "Modelos Estado Espacio y Filtro de Kalman." Notas de clase para el Curso de Verano de Economía del BCRP.
- Levine, Ross. 2005. "Finance and Growth: Theory and Evidence." En *Handbook of Economic Growth*, editado por Philippe Aghion y Steven Durlauf, Volumen 1, Número 1, Capítulo 12: 865-934. Elsevier.
- McKinnon, Ronald, 1973. *Money and Capital in Economic Development*. Washington, DC: The Brookings Institution.
- Mendoza, Enrique y Marco Terrones. 2004. "Are credit booms in emerging markets a concern?" En *World Economic Outlook*, Capítulo IV: 147-166. Washington D.C.: International Monetary Fund.
- Mendoza, Enrique y Marco Terrones. 2008. "An Anatomy of Credit Booms: Evidence From Macro Aggregates and Micro Data", *IMF Working Papers* , 08/226, International Monetary Fund.
- Mendoza, Enrique y Marco Terrones. 2012. "Anatomía de los Booms Crediticios y su fin" *Economía Chilena* 15(2): 4-32.

- Orrego, Fabrizio. 2009. "Una nota sobre el crecimiento del crédito al sector privado en el Perú." Documento de Trabajo N° 2009-002, *Banco Central de Reserva del Perú*.
- Ottens, Daniel, Edwin Lambregts y Steven Poelhekke. 2005. "Credit Booms in Emerging Market Economies: A Recipe for Banking Crises?" *Netherlands Central Bank, DNB Working Paper*, No. 046/2005.
- Reinhart, Carmen y Vincent Reinhart. 2009. "Capital Flow Bonanzas: An Encompassing View of the Past and Present." En *NBER International Seminar on Macroeconomics 2008*, editado por Jeffrey Frankel y Christopher Pissarides. Chicago, IL, EE.UU: University of Chicago Press.
- Sa, Sopenha. 2006. "Capital flows and credit booms in emerging market economies." *Financial Stability Review* 9: 49-66.
- Schneider, Martin y Aaron Tornell. 1999. "Lending Booms and Asset Price Inflation." Mimeo, Harvard University.
- Shaw, Edward. 1973. *Financial Deepening in Economic Development*. New York: Oxford University Press.
- Tornell, Aaron y Frank Westermann. 2002. "Boom-Bust Cycles in Middle Income Countries: Facts and Explanation" *International Monetary Fund Staff Papers* 49: 111-155.
- Tornell, Aaron y Frank Westermann. 2005. *Boom-Bust Cycles and Financial Liberalization*. Cambridge, MA, EE.UU.: MIT Press.

## APÉNDICES

### A. Métodos estadísticos para identificar períodos de auge crediticio

De acuerdo con Gourinchas et al. (2001), un episodio de auge crediticio está conformado por períodos de tiempo en los que el indicador de crédito ( $l_t$ ) se desvía de su tendencia de largo plazo ( $T_t$ ) en una proporción mayor a  $\mu$ , es decir  $l_t - (T_t) \geq \mu T_t$   $l_t \geq (1 + \mu)T_t$ . Por otro lado, Mendoza y Terrones (2008) definen un episodio de auge crediticio cuando el desvío del indicador de crédito respecto de su tendencia ( $l_t - T_t$ ) es mayor a una proporción  $\kappa$  de la desviación estándar histórica  $\sigma(l_t - T_t)$ , es decir:  $(l_t - T_t) \geq \kappa\sigma(l_t - T_t)$ .

Gourinchas et al. (2001) utilizan como indicador de crédito el ratio crédito sobre PBI, mientras que Mendoza y Terrones (2008) utilizan como indicador el crédito real per cápita. En ambos trabajos, la tendencia del indicador de crédito se obtiene a través del filtro estadístico Hodrick-Prescott (HP), aunque su implementación es diferente: Mendoza y Terrones (2008) aplican el filtro HP a toda la muestra disponible (caso estándar); sin embargo, Gourinchas et al. (2001) aplican el filtro HP de forma recursiva (la primera sub-muestras considera los primeros cinco años y luego se va incrementando).

**Cuadro B-1**

	<b>Gourinchas et al (2001)</b>	<b>Mendoza y Terrones (2008)</b>
<b>Variable</b>	Ratio de crédito entre PBI	Crédito real per-cápita
<b>Filtro HP</b>	HP recursivo	Caso estándar

Tornell y Westermann (2002) definen como episodio de auge crediticio a aquel período donde el crédito real ha crecido en promedio a una tasa mayor al 10 por ciento durante dos años consecutivos. Por su parte, IMF (2004) identifica un período de auge crediticio cuando la expansión del crédito real es mayor a la desviación estándar de las fluctuaciones del crédito (alrededor de su tendencia de largo plazo (calculada con el filtro HP) por un factor de 1,75. Finalmente, Ottens et al. (2005) definen un episodio de auge crediticio cuando el ratio crédito/PBI es mayor en 2% (o más) a su tendencia.

## B. Posibles explicaciones del surgimiento de episodios de auge crediticio

Gourinchas et al. (2001) proporciona una síntesis de las posibles razones que dan origen a un proceso de auge crediticio, entre las que se incluye: el bajo nivel de regulación de los mercados financieros, la poca capacidad de monitoreo de las actividades financieras, la provisión de garantías estatales (implícitas o explícitas), el rol del Banco Central como estabilizador del tipo de cambio, entre otras imperfecciones en el mercado crediticio que acrecientan el riesgo sistémico.

En este documento, un episodio de auge crediticio está acompañado por mayores niveles de apalancamiento y por la concesión de financiamiento a proyectos cuyo valor presente neto es bajo (e incluso negativo). Al incrementarse el número de créditos, el monitoreo de los riesgos se dificulta más, lo que aumenta la probabilidad de no pago. De esta manera a medida que el crédito se expande, es posible que la calidad de los proyectos financiados se reduzca, incrementando la exposición patrimonial de las entidades financieras. Más aún, la presencia de garantías gubernamentales, implícitas o explícitas, pueden agravar el problema, pues desincentivan un adecuado monitoreo de los riesgos implícitos.

Otros trabajos, como Schneider y Tornell (1999); y Aghion, Bacchetta y Banerjee (1999), enfatizan el rol del acelerador financiero. La idea central es que durante un auge crediticio, el precio de los activos (por ejemplo las viviendas) se incrementa, lo que a su vez incrementa la riqueza de los agentes. Dado que una mayor riqueza de los agentes incentiva una mayor oferta de créditos, la demanda de bienes aumenta y los precios de los activos aumentan aún más.

Alternativamente, también se argumenta que la apertura financiera de las economías es una de las variables importantes que podría generar un proceso de auge crediticio. Por ejemplo, Reinhart y Reinhart (2009) muestran que ante un considerable ingreso de capitales del exterior, el tipo de cambio tiende a apreciarse, y los precios de los activos<sup>10</sup> a incrementarse. Estos movimientos de precios suelen estimular la expansión del crédito interno.

Sin embargo, ante una situación como esta podrían agravarse ciertas debilidades estructurales de la banca doméstica y, consecuentemente, devenir en crisis bancarias. Bajo esta lógica, Hernández y Landerretche (1999) evalúan la probabilidad que un aumento de inlfujos de capitales conduzca a un auge del crédito, encontrando que la probabilidad es mucho mayor en países emergentes.

Mendoza y Terrones (2012), identifican eventos de auge crediticio y analizan el comportamiento de un grupo de variables macroeconómicas, comúnmente asociadas a estos períodos de expansión y que, posiblemente, puedan actuar como determi-

---

<sup>10</sup>Los activos a los que se hace referencia son bienes inmobiliarios e instrumentos bursátiles, principalmente de renta variable.



nantes (o condicionantes) en la formación de un auge crediticio. Entre las variables consideradas figuran: el nivel de entrada de capitales, ganancias de la productividad, reformas en el sistema financiero, el esquema de tipo de cambio, entre otros.

Los autores muestran que en países emergentes los períodos de auge crediticio suelen estar asociados a: períodos de expansión del PBI; incrementos significativos en los precios de activos; apreciación del tipo de cambio real; y deterioros en la cuenta corriente asociados a vigorosos crecimientos en el consumo y la inversión.

Cabe señalar que si bien se analizan correlaciones, los autores no especifican ninguna relación de causalidad entre las variables analizadas y los episodios de auge crediticio. Específicamente, el análisis se basa en explicar el comportamiento dinámico de las series en períodos en los cuales se identifica un episodio de auge crediticio. Una de las razones principales de este tipo de análisis es que las variables asociadas a los episodios de auge crediticio podrían ser endógenas, pues ellas estarían afectadas por la existencia de un episodio de auge crediticio.

## C. Modelo estado-espacio y el filtro de Kalman

En este anexo se describe formalmente los modelos denominados estado-espacio (*state-space model*) y el filtro de Kalman.<sup>11</sup> Un tratamiento más desarrollado y completo puede encontrarse en Hamilton (1994).

### C.1. Descripción general

El filtro de Kalman es producto de las contribuciones de Rudolf E. Kalman publicadas en los años 1960. Desde entonces, el filtro de Kalman se usó para mejorar la navegación de vehículos, incluyendo los aeroespaciales, proporcionando un estimado optimizado del estado (por ejemplo, posición y velocidad) del sistema analizado.

La idea es representar un sistema dinámico en una forma particular denominada representación estado espacio; en este contexto, el filtro de Kalman es un algoritmo para actualizar secuencialmente o recursivamente una proyección lineal del sistema.

De manera general, el procedimiento recursivo del filtro de Kalman puede describirse de la siguiente forma:

- Primero, el filtro usa información con “ruido” y la filtra usando una curva ajustada por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), la cual es optimizada con una predicción matemática del estado futuro del sistema que se genera a través de la modelación de las características físicas del sistema.
- El estimado del modelo se compara con el punto observado y esta diferencia se escala por un factor conocido como la Ganancia Kalman (Kalman Gain o KG), la cual se usa como insumo para retroalimentar al modelo y así mejorar las predicciones siguientes
- Además, la “ganancia” puede ser afinada para mejorar el desempeño de las predicciones. Con un KG grande el filtro sigue más de cerca a las observaciones, mientras que con un KG pequeño el filtro sigue más de cerca las predicciones del modelo.

Entre los usos más importantes de este algoritmo para la econometría figuran:

- Es una alternativa para calcular predicciones finitas exactas y calcular la función de verosimilitud exacta para un proceso ARMA Gausiano.
- Permite factorizar funciones matriciales generadoras de autocovarianzas o densidades espectrales.
- Permite estimar vectores autoregresivos con coeficientes cambiantes en el tiempo.

---

<sup>11</sup>Esta descripción se basa en Hamilton (1994), Capítulo 13 y en Lahura (2012).

## C.2. Representación estado-espacio de un sistema dinámico

La representación Estado Espacio ( $SS$ ) de un sistema dinámico permite analizarlo usando el Filtro de Kalman. A continuación se presentan los supuestos y la representación  $SS$ .

Sea  $y_t$  un vector ( $n \times 1$ ) de variables observadas en el período  $t$ . Es posible describir una clase importante de modelos dinámicos para  $y_t$  en términos de un vector ( $r \times 1$ ) posiblemente “no observable” y conocido como vector de estado,  $\xi_t$ . La representación estado espacio ( $SS$ ) de la dinámica de  $y_t$  es:

$$\xi_{t+1} = F\xi_t + v_{t+1} \quad (1)$$

$$y_t = A'x_t + H'\xi_t + w_t \quad (2)$$

donde  $F$ ,  $A'$  y  $H'$  son matrices de parámetros con dimensiones  $(r \times r)$ ,  $(n \times k)$  y  $(n \times r)$ , respectivamente. Además,  $x_t$  es un vector de variables exógenas o predeterminadas. La ecuación (1) se denomina **Ecuación de Estado** y la ecuación (2) es la **Ecuación de Observación**. Los vectores  $v_t(r \times 1)$  y  $w_t(n \times 1)$  son vectores ruido blanco con media cero y:

$$E(v_t v_\tau') = \begin{cases} \Omega, & \text{para } t = \tau \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases} \quad (3)$$

$$E(w_t w_\tau') = \begin{cases} R & \text{para } t = \tau \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases} \quad (4)$$

donde  $Q$  y  $R$  son de dimensión  $(r \times r)$  y  $(n \times n)$ , respectivamente. Las perturbaciones  $v_t$  y  $w_t$  no están correlacionadas en ningún período:

$$E(v_t w_\tau') = 0, \text{ para todo } t \text{ y } \tau \quad (5)$$

El vector de  $x_t$  contiene variables exógenas o predeterminadas. Esto significa que  $x_t$  no proporciona información alguna sobre  $\xi_t, \xi_{t+1}, \xi_{t+2}, \dots$  o  $w_t, w_{t+1}, w_{t+2}, \dots$  más allá de la información contenida en  $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_t$ . Por ejemplo,  $x_t$  podría incluir valores rezagados de  $y$  o variables no correlacionadas con  $\xi_\tau$  y  $w_\tau$  para todo  $\tau$ .

El sistema (1)-(4) típicamente se usa para describir una serie finita de observaciones  $\{y_1, y_2, \dots, y_T\}$ . Sin embargo, se requieren supuestos sobre el valor inicial del vector de estados  $\xi_1$ . En particular, se asume que  $\xi_1$  no está correlacionado con ninguna realización de  $v_t$  o  $w_t$ :

$$E(v_t \xi_1') = 0, \text{ para } t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

$$E(w_t \xi_1') = 0, \text{ para } t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

La ecuación de estado (1) implica que  $\xi_t$  puede escribirse como función lineal de  $(\xi_1, v_2, v_3, \dots, v_t)$ :

$$\begin{aligned}\xi_2 &= F\xi_1 + v_2 \\ \xi_3 &= F\xi_2 + v_3 = F[F\xi_1 + v_2] + v_3 = F^2\xi_1 + v_3 \\ &\vdots \\ \xi_t &= F^{t-1}\xi_1 + F^{t-2}v_2 + \dots + Fv_{t-1} + v_t \\ \xi_t &= v_t + Fv_{t-1} + \dots + F^{t-2}v_2 + F^{t-1}\xi_1, \quad \text{para } t = 2, 3, \dots, T\end{aligned}\quad (8)$$

Entonces, (6) y (3) implican que  $v_t$  no está correlacionado con valores pasados de  $\xi$ :

$$E(v_t \xi'_\tau) = 0, \quad \text{para } \tau = t-1, t-2, \dots, 1 \quad (9)$$

De igual forma:

$$E(w_t \xi'_\tau) = 0, \quad \text{para } \tau = 1, 2, \dots, T \quad (10)$$

$$\begin{aligned}E(w_t y'_\tau) &= E[w_t(A'x_\tau + H'\xi_\tau + w_\tau)] \\ &= 0, \quad \text{para } \tau = t-1, t-2, \dots, 1\end{aligned}\quad (11)$$

$$E(v_t y'_\tau) = 0, \quad \text{para } \tau = t-1, t-2, \dots, 1 \quad (12)$$

El sistema (1)- (7) es muy flexible pues  $v_t$  y  $w_t$  podrían estar correlacionados y  $F, Q, A, H, R$  pueden ser funciones del tiempo.

### C.3. Aplicación de la representación SS: la tasa de interés real

Fama y Gibbons(1982) estudian el comportamiento de la tasa de interés real ex-ante, definida como la tasa de interés nominal  $i_t$  menos la inflación esperada  $\pi_t^e$ . La tasa de interés real ex-ante es no observable debido a que no se cuenta con información de la inflación anticipada por el mercado. Así, la tasa de interés real ex-ante es la variable estado:

$$\xi_t = i_t - \pi_t^e - \mu \quad (13)$$

donde  $\mu$  es el promedio de la tasa de interés real ex-ante. Fama y Gibbons asumen que  $\xi_t$  está descrito por un proceso AR(1):

$$\xi_{t+1} = \Phi\xi_t + v_{t+1} \quad (14)$$

El econometrista observa la tasa ex-post,  $i_t - \pi_t$ , la cual puede escribirse como:

$$\begin{aligned}i_t - \pi_t &= i_t - \pi_t^e + \pi_t^e - \pi_t \\ &= \xi_t + \mu + (\pi_t^e - \pi_t) \\ &= \mu + \xi_t + w_t\end{aligned}\quad (15)$$

El término  $w_t \equiv \pi_t^e - \pi_t$  el error que comete la gente al predecir la inflación. Si estas predicciones se realizan óptimamente, entonces:

$$Cov(w_t, w_\tau) = 0, \text{ para } \tau < t \quad (16)$$

$$Cov(w_t, i_t - \pi_t^e) = 0 \quad (17)$$

Así, el modelo estado-espacio es:

$$\begin{aligned} \xi_{t+1} &= \phi \xi_t + v_{t+1} && \text{con } (r = 1) \\ y_t &= \mu + \xi_t + w_t && \text{con } (n = 1) \end{aligned} \quad (18)$$

donde  $F = \phi$ ,  $y_t = i - \pi_t$ ,  $A'x_t = \mu$ ,  $H = 1$  y  $w_t = \pi_t^e - \pi_t$ .

## C.4. El filtro de Kalman

Considere la representación estado espacio (SS) de la dinámica de  $y_t$ :

$$\begin{aligned} \xi_{t+1} &= \begin{matrix} F\xi_t & V_{t+1} \\ (nxn)(nx1) & (nx1) \end{matrix} \\ y_t &= \begin{matrix} A'X_t & H'\xi_t & + & \omega_t \\ (nxk)(kx1) & (nxn)(nx1) & & (nx1) \end{matrix} \\ E(V_t V_\tau') &= \begin{cases} Q_{(nxn)}, & \text{para } t = \tau \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned} \quad (19)$$

$$E(\omega_t \omega_\tau') = \begin{cases} R_{(nxn)}, & \text{para } t = \tau \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (20)$$

$$E(V_t \xi_1') = 0, t = 1, 2, \dots, T, T(\omega_t \xi_1') = 0, t = 1, 2, \dots, T, T(V_t \omega_\tau') = 0, \forall t, \tau \quad (21)$$

Se asume que el analista ha observado  $y_1, \dots, y_T, x_1, \dots, x_T$  y que los valores numéricos de F, Q, A, H, R son conocidos. Si bien existen muchos usos del filtro de Kalman, uno de ellos es que permite calcular predicciones mínimo cuadradas del vector de estado usando la información observada hasta t:

$$\hat{\xi}_{t+1|t} \equiv \hat{E}(\xi_{t+1}|Y_t)$$

donde  $Y_t = (Y_t', Y_{t-1}', \dots, Y_1, X_t', X_{t-1}', \dots, X_1')'$  y  $\hat{E}(\xi_{t+1}|Y_t)$  denota la proyección lineal de  $\xi_{t+1}$  sobre  $Y_t$  y una constante.

El filtro de Kalman calcula recursivamente estas predicciones, generando:  $\xi_{1|0}, \xi_{2|1}, \xi_{3|2}, \dots, \xi_{T|T-1}$ , las cuales están asociadas a una matriz de MSE de orden (nxn):

$$P_{t+1|t} = E[(\xi_{t+1} - \hat{\xi}_{t+1|t})(\xi_{t+1} - \hat{\xi}_{t+1|t})']$$

Para obtener la secuencia  $\hat{\xi}_{1|0}, \hat{\xi}_{2|1}, \dots, \hat{\xi}_{T|T-1}$  y  $P_{1|0}, P_{2|1}, \dots, P_{T|T-1}$ , el filtro de Kalman se basa en la media y varianza incondicionales de  $\xi_1$  como punto de partida:

$$\begin{aligned}\hat{\xi}_{1|0} &= E(\xi_1) \\ P_{1|0} &= E[\xi_1 - E(\xi_1)][\xi_1 - E(\xi_1)]'\end{aligned}$$

cuyos valores típicos son  $\hat{\xi}_{1|0} = 0$  y  $vec(P_{1|0}) = [I_{n^2} - (F \otimes F)]^{-1} \cdot vec(Q)$ . Luego, tomando como valores iniciales  $\hat{\xi}_{1|0}$  y  $P_{1|0}$ , se iteran las siguientes expresiones para  $t = 1, 2, \dots, T$ :

$$\begin{aligned}\hat{\xi}_{t+1|t} &= F\hat{\xi}_{t|t-1} + FP_{t|t-1}H(H'P_{t|t-1}H + R)^{-1}(y_t - A'X_t - H'\hat{\xi}_{t|t-1}) \\ P_{t+1|t} &= F[P_{t|t-1} - P_{t|t-1}H(H'P_{t|t-1}H + R)^{-1}H'P_{t|t-1}]F' + Q\end{aligned}$$

$\hat{\xi}_{t+1|t}$  denota la mejor predicción de  $\xi_{t+1}$  basada en una constante y una función lineal de  $(Y_t, Y_{t-1}, \dots, X_t, X_{t-1}, \dots, X_1)$ , y la matriz  $P_{t+1|t}$  proporciona el MSE de esta predicción.

## C.5. Suavizamiento del estado

En algunas ocasiones, como es el caso del presente documento, se le da una interpretación “estructural” al vector de estados  $\xi_t$ , por lo cual su estimación y significancia son relevantes. Por ejemplo, en Stock y Watson (1989),  $\xi_t$  es un escalar y representa el estado del ciclo económico

En casos como este, puede ser muy útil hacer inferencia sobre el valor del vector de estados en “t” usando la información completa de la muestra (es decir, hasta “T”) y no solamente la información disponible hasta “t-1”. A esta inferencia se le denomina “estimado suavizado” de  $\xi_t$  y se denota como:

$$\hat{\xi}_{t|T} \equiv \hat{E}(\xi_t|Y_T)$$

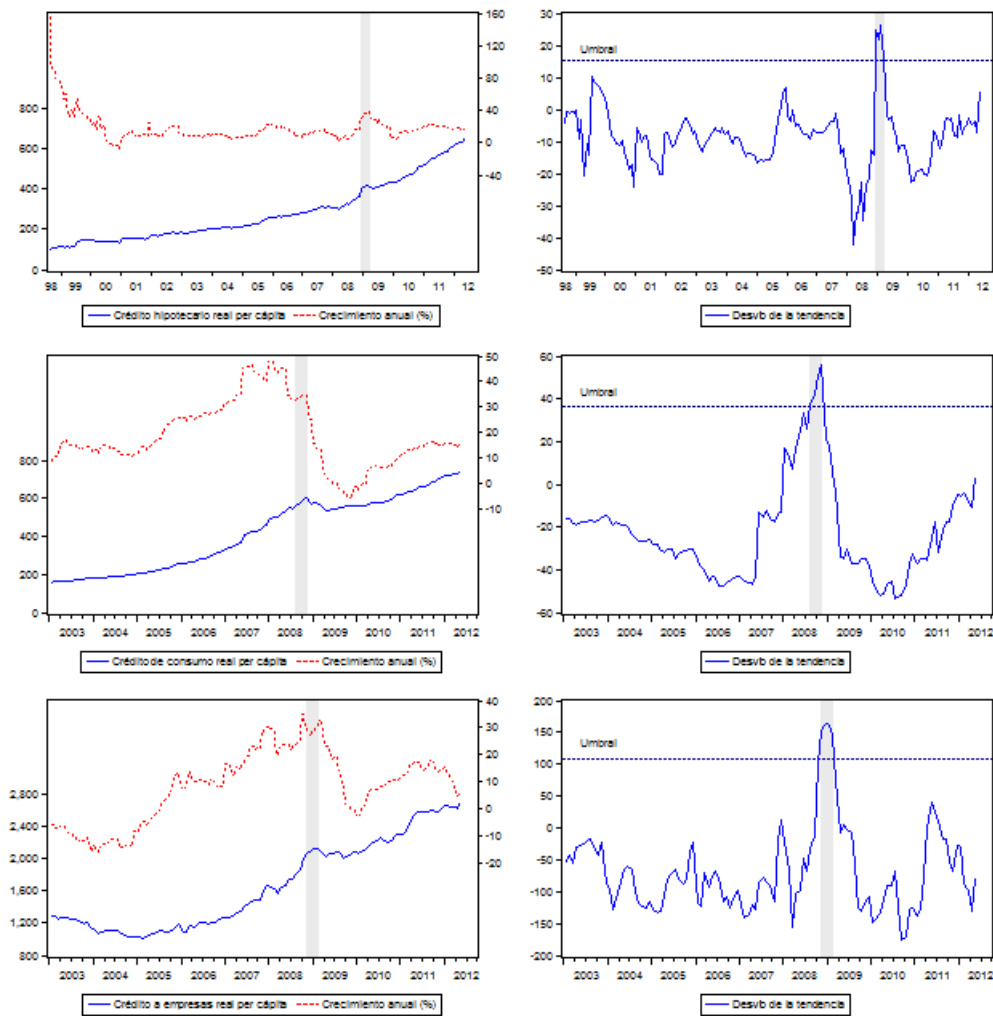
El MSE del estimado suavizado se denota como:

$$P_{t|T} = E[(\xi_t - \hat{\xi}_{t|T})(\xi_t - \hat{\xi}_{t|T})']$$

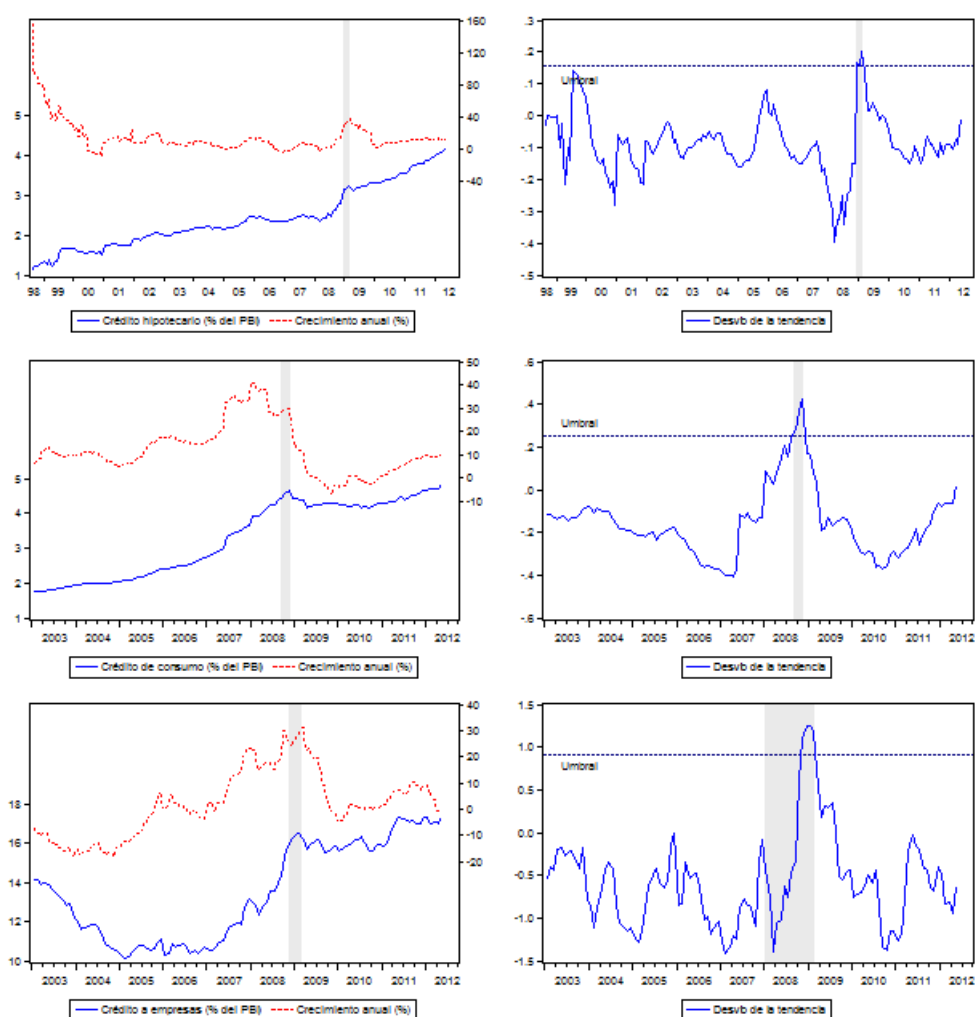
## D. Identificación de episodios de auge crediticio por tipo de crédito

Debido a la mayor disponibilidad de información a partir del año 2000, es posible desagregar el crédito al sector privado por tipo de crédito (consumo, empresas a hipotecario) y, de esta forma, identificar cuáles fueron los tipos de crédito más propensos a experimentar el episodio de *boom* antes mencionado. De forma preliminar, es posible afirmar que los créditos que experimentaron mayor volatilidad fueron los dirigidos a empresas, siendo éstos también los que tuvieron un período de *boom* más prolongado, desde setiembre 2008 hasta marzo 2009.

**Figura A-1.** Crédito real per cápita e identificación de episodios de episodios de auge crediticio por tipo de crédito



**Figura A-2.** Crédito/PBI e identificación de episodios de auge crediticio por tipo de crédito



Este hecho podría estar asociado a la dinámica de los inventarios durante ese período, pues muchas empresas acumularon inventarios en concordancia con el período expansivo de la economía; sin embargo, la acumulación de inventarios resultó excesiva ante la abrupta desaceleración económica.

En segundo lugar, en términos de magnitud y duración del episodio de boom, figuran los créditos de consumo. En este caso, resulta llamativo que el episodio de auge de este tipo de crédito (julio 2008 a diciembre 2008), adelantó los episodios de los demás casos, tanto en su inicio como en su término. Ello podría deberse a que la concesión de créditos de consumo es altamente pro cíclica (principalmente en relación a las líneas autorizadas de tarjeta de crédito), debido a que incorpora expectativas de los agentes respecto a condiciones económicas futuras.