



Construyendo un índice coincidente de recesión: Una aplicación para la economía peruana

LIU MENDOZA PÉREZ Y DANIEL MORALES VÁSQUEZ*

¿Una caída en la producción implica una desaceleración temporal o marca el inicio de una recesión? Para responder esta pregunta, en este documento se construye un índice probabilístico coincidente mensual para detectar recesiones en la economía peruana usando un modelo no lineal del tipo Markov-switching. En la construcción de este índice se pone énfasis al contenido informativo de encuestas a consumidores y empresarios, así como variables reales y financieras internacionales. El índice final detecta con prontitud y confiabilidad el período recesivo asociado con la crisis financiera internacional de 2008-2009, incluso en un análisis en tiempo real. Sin embargo, debido a que este índice ha sido elaborado con información limitada debido a la poca disponibilidad de datos, su capacidad de detección de recesiones futuras aún debe sobrepasar la prueba del tiempo.

Palabras Clave : Índice de recesión, ciclos económicos, probabilidad de recesión.
Clasificación JEL : C32, E32.

Resulta importante saber, tanto para autoridades de política como para empresas privadas, si la economía ha entrado en una fase recesiva o si una recuperación ha comenzado. A los primeros, les ayuda a tomar decisiones sobre la implementación o el retiro de medidas de estímulo económico en el momento adecuado. A los segundos, a anticiparse a movimientos del mercado y modificar sus estrategias a tiempo. Sin embargo, tener este conocimiento es una tarea difícil, especialmente cuando una fase recesiva o expansiva recién está comenzando. Primero, porque estas fases no son fenómenos directamente observables y deben inferirse a partir de una serie de variables económicas. Segundo, porque algunas de las variables más informativas sobre estas fases son publicadas con meses de retraso, siendo el caso más saltante el del Producto Bruto Interno (PBI).

Se han desarrollado varios métodos para detectar de forma sistemática y con prontitud el inicio de estas fases, lo que en la literatura especializada se denomina detección de puntos de giro (PG). Uno de los métodos más utilizados es el de indicadores líderes, los cuales permiten estimar los valores más recientes

* Mendoza: Facultad de Economía, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Av. Angamos Este 2390, Lima 33 (e-mail: pceflmen@upc.edu.pe). Morales: Rímac Seguros, Las Begonias 475, Lima 27 (e-mail: dmoralesv@rimac.com.pe).

Queremos agradecer a Hildegart Ahumada, Diego Winkelried, César Carrera, Leonidas Cuenca, Javier Kapsoli, Freddy Rojas y Freddy Espino, así como los asistentes al XXIX Encuentro de Economistas del Banco Central de Reserva del Perú y a la XLVIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, por sus valiosos comentarios. Asimismo, agradecemos al editor y a un árbitro anónimo. Finalmente, agradecemos en especial a Henry Pérez por su excelente ayuda computacional. Cualquier error subsistente en el trabajo es enteramente responsabilidad de los autores.

de una serie de referencia que refleja la actividad económica (normalmente el PBI) a partir de un conjunto de variables que adelantan su evolución (ver [Mendoza y Morales, 2011](#)). Con esta información, es posible obtener prontamente una idea respecto al estado de la economía.

Sin embargo, si uno de estos indicadores muestra que la actividad económica disminuye, ¿Se puede afirmar que ha comenzado un período recesivo o que se trata solamente una desaceleración temporal? No se puede obtener una respuesta directa a esta pregunta mediante indicadores líderes, puesto que estos responden a la pregunta *¿Cuál es o cuál será el crecimiento del PBI en el corto plazo?* y no la pregunta de interés *¿Hemos entrado en una recesión o ha comenzado ya un proceso de recuperación económica?* Los indicadores líderes proveen información cuantitativa y no cualitativa acerca del ciclo económico, siendo tal vez esto último más importante para la toma de decisiones.

Con el objetivo de complementar el análisis del ciclo económico basado en indicadores líderes, se han utilizado modelos enfocados en la estimación de probabilidades de recesión. Una primera línea de trabajos basados en este nuevo enfoque se inicia con [Neftci \(1982\)](#), quien genera variables dicotómicas que reflejan los estados de recesión y crecimiento a partir de la evolución de variables muy correlacionadas con el PBI. Esta metodología ha sido utilizada en [Morón y otros \(2002\)](#) y [Ochoa y Lladó \(2002\)](#), logrando identificar la probabilidad de ocurrencia de PG para la economía peruana. Aunque esta metodología representa un avance importante respecto del cálculo de indicadores líderes en términos cualitativos, su poder de detección de PG es limitado, como sugieren [Anas y Ferrara \(2003\)](#).

Una segunda línea de trabajos basados en la estimación de probabilidades de recesión comienza con el uso de modelos no lineales de regímenes cambiantes que siguen una cadena de Markov o *Markov-Switching* (MS) propuestos en [Hamilton \(1989\)](#). Estos modelos asumen que la economía opera dentro de regímenes o estados no observables que cambian las relaciones entre las variables y que pueden inferirse probabilísticamente de los datos. Al ser aplicados al análisis de ciclos económicos, permiten estimar las probabilidades de encontrarse en un estado de recesión o de recuperación económica en cada momento del tiempo, lo que representa una señal de información cualitativa para la detección de recesiones.

[Mendoza y Morales \(2011\)](#) elaboran un índice de recesión coincidente en tiempo real para la economía peruana basado en un modelo MS. Resaltan la necesidad de incorporar variables extraídas de encuestas a empresas y familias para la elaboración de índices de recesión, en línea con [Bardaji y otros \(2009\)](#). Estas variables constituyen una fuente potencialmente valiosa de información para la detección rápida y confiable de recesiones, por ser publicadas con prontitud y no sufrir revisiones hacia atrás. Además, estos autores plantean la necesidad de que el indicador de recesión sea construido con un número mínimo óptimo de series, seleccionando solamente a las variables que den menos falsas alarmas para la detección de recesiones. Finalmente, en línea con [Chow y Choy \(2009\)](#), los autores incorporan variables reales y financieras internacionales, las cuales son muy relevantes para construir índices de recesión para economías pequeñas y abiertas como la peruana.

El índice propuesto en [Mendoza y Morales \(2011\)](#) fue elaborado agregando probabilidades mediante promedios y muestra una gran confiabilidad en la detección de recesiones. Sin embargo, este proceso de agregación es apropiado para series numéricas, mas no para probabilidades que son entes matemáticos distintos. Consecuentemente, se hace necesario encontrar una forma de agregación de información de series individuales que respete lo establecido en la teoría de probabilidades.¹ De esta discusión, el presente trabajo tiene como objetivo construir un índice coincidente probabilístico de detección de recesiones

¹ Por ejemplo, si se tienen los siguientes eventos: R = recesión, evento A y evento B . Si los eventos A y B son independientes y las probabilidades $\Pr(R | A)$, $\Pr(R | B)$ indican probabilidades condicionales de recesión dado que se observan los eventos A y B respectivamente, entonces $\Pr(R | A, B) = \Pr(R | A) \Pr(R | B) / P(R)$ es la forma adecuada de “agregar” las probabilidades condicionales de recesión.

de frecuencia mensual para la economía peruana que pueda ser usado en el análisis macroeconómico cotidiano. En línea con [Mendoza y Morales](#), en la construcción de este índice se explota la información contenida en variables extraídas de encuestas a familias y empresas peruanas, así como variables reales y financieras internacionales para detectar recesiones en la economía peruana. Aunque estas variables presentan información potencialmente valiosa, han sido poco utilizadas por trabajos previos aplicados a Perú.² Sin embargo, en contraste con [Mendoza y Morales](#), se adoptará una metodología distinta que permita agregar la información de las diversas series en un índice de recesión único. Asimismo, se aplicará la metodología planteada en [Bardaji y otros \(2009\)](#) para determinar el número mínimo óptimo de series para la elaboración de este índice de recesión. Luego se someterá a este indicador a pruebas para evaluar la confiabilidad de su capacidad de detección de recesiones en tiempo real.

Se encuentra que índices elaborados en base a combinaciones de variables muy informativas presentan una mejora en la capacidad de detección de recesiones respecto de índices univariados. Esto debido a que la combinación de variables no sólo refleja la noción de comovimiento de las mismas en el ciclo económico, sino también permite “suavizar” los choques idiosincrásicos que afectan a cada serie, reduciendo así las falsas alarmas. Además, se verifica que la incorporación de variables internacionales así como de encuestas mejora sustancialmente la capacidad de detección de recesiones. El índice final se compone de tres variables: (i) ventas de la manufactura y comercio en EEUU, (ii) índice de expectativas sectoriales construido por el BCRP e (iii) indicador líder del G7. Este índice detectó rápidamente y con elevada confiabilidad el período de recesión reciente asociado con la crisis internacional, incluso en tiempo real. Además, el indicador está conformado por variables de distinta naturaleza (variables internacionales y variables provenientes de encuestas), heterogeneidad que puede mejorar la capacidad de recesión del índice al capturar información de diferentes sectores. Así, el índice final representa una herramienta potencialmente útil para autoridades de política y empresas con el fin de obtener información cualitativa del ciclo económico en el día a día. Sin embargo, debido a que este índice ha sido elaborado con información que comprende ocho años, dada la poca disponibilidad de datos, su capacidad futura de detección de recesiones aún debe sobrepasar la prueba del tiempo.

La estructura del trabajo es la siguiente: La sección 1 aborda los hechos estilizados relacionados con el ciclo económico peruano en el período 2000-2011. La sección 2 presenta la metodología econométrica y los principales resultados. Finalmente, la sección 3 contiene las conclusiones.

1 HECHOS ESTILIZADOS

Con el fin de revertir la recesión económica en EEUU que comenzó en 2001 tras la crisis “punto com” y el atentado a las Torres Gemelas, las autoridades monetarias norteamericanas redujeron su tasa de interés a niveles muy cercanos a sus mínimos históricos. La elevada liquidez resultante no sólo se manifestó en una mayor oferta de crédito que permitió la recuperación de la economía real, sino también en una mayor demanda especulativa de materias primas cuyos precios se incrementaron ([Taylor, 2009](#)) y en una mayor entrada de inversión extranjera directa a países emergentes ([Skovgaard y Clyde, 2011](#)).

En el contexto de elevados precios de materias primas (en especial cobre, zinc y oro, principales

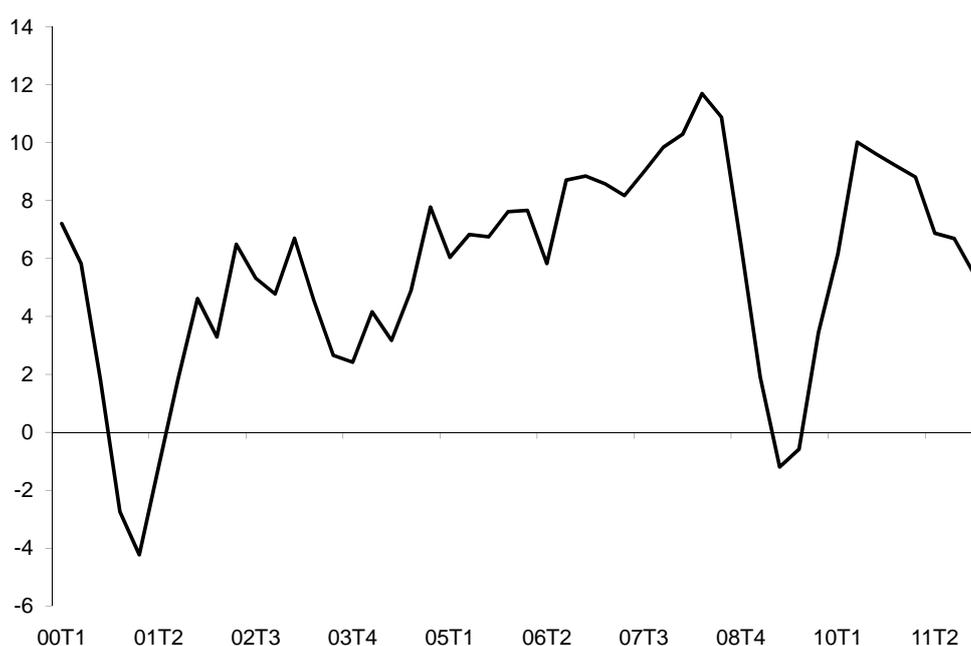
² Si bien en algunos estudios aplicados a la economía peruana se ha utilizado información proveniente de encuestas a familias, su uso no ha sido extensivo pues se ha considerado solamente el índice agregado de confianza del consumidor, como en [Escobal y Torres \(2002\)](#) y [Ochoa y Lladó \(2002\)](#). Como sugieren [Bardaji y otros \(2009\)](#), las diversas preguntas que se plantean en las encuestas pueden resultar en información divergente sobre el ciclo económico. Por ello, se hace necesario probar la utilidad de todos los componentes de las encuestas. En esta línea, [Etter y Graff \(2011\)](#) encuentran que las encuestas a empresas que lleva a cabo mensualmente el BCRP contienen información importante para adelantar la evolución del crecimiento anual del PBI peruano. Ver [Carrera \(2012\)](#) para una descripción detallada de estos índices.

metales de exportación de Perú), fuertes flujos de inversión extranjera directa y recuperación económica mundial, la economía peruana inició un proceso de crecimiento acelerado y sostenido. El PBI peruano pasó de crecer 0.2% en 2001 a 6.8 % en 2005 y a 8.9% en 2007 (ver Gráfico 1). Este proceso continuó hasta finales de 2008, cuando se produjo el estallido de la crisis financiera internacional caracterizada por una caída de la demanda externa y de precios de materias primas, retracción de las decisiones de inversión tanto local como extranjera y una fuerte salida de capitales.

Sin embargo, a diferencia de la crisis ruso-brasilera de 1998-1999, no se produjo un incremento sustancial del tipo de cambio debido a la elevada cantidad de reservas internacionales acumuladas en el período de precios de minerales altos entre 2003-2008 (Dancourt y Mendoza, 2009). Esta menor depreciación no afectó significativamente a familias y empresas a través del efecto hoja de balance, considerando que la dolarización financiera alcanzaba el 50%. Además, la existencia de ahorros fiscales y un bajo ratio deuda pública sobre PBI (cerca de 20%) permitieron al gobierno implementar un plan de estímulo que aceleró la recuperación de la economía peruana (Dancourt y Mendoza, 2009). Como consecuencia, luego de crecer sólo 1.2% en 2009.T2, la economía peruana pasó rápidamente a crecer 3.4% en el 2009.T4 y 10% en 2010.T2. Esta fuerte recuperación también se vio reflejada en el empleo, que pasó de crecer 1.2% en 2009 a cerca de 5% en 2010, con la consecuente aceleración del gasto de consumo de los hogares que pasó de 2.4% a 6% entre 2009 y 2010.

En 2010, la economía peruana creció a una tasa elevada de 8.8% como reflejo de: (i) reacumulación de inventarios tras su fuerte reducción generada por la crisis internacional, (ii) la sólida recuperación del consumo y la inversión privada, y (iii) el impulso económico resultante del plan de estímulo fiscal lanzado por el gobierno. Tasas de crecimiento similares a las observadas en 2010 se mantuvieron hasta inicios de 2011, cuando se observaron señales de desaceleración económica tras un fuerte ajuste fiscal implementado por el gobierno y un aumento de la incertidumbre política generada por las elecciones presidenciales. Ambos factores hicieron que la economía se desacelere hacia un crecimiento cercano al 5% hacia octubre de 2011.

GRÁFICO 1. PBI peruano (variación últimos 12 meses)



FUENTE: Banco Central de Reserva del Perú.

Se observa, entonces, que en el período 2004-2011, la economía peruana atravesó un período recesivo (2008-2009) y un período de desaceleración (2011). Asimismo, se observa que este período de recesión mostró una duración más corta respecto del período de auge, por lo que la ocurrencia de los mismos se asemeja a un fenómeno no lineal. Por ello, se hace necesario implementar una metodología que permita recoger el carácter no lineal del ciclo económico peruano (ver [Rodríguez, 2010](#)).

2 MARCO TEÓRICO

Para la elaboración del indicador de recesión (IR), se considera inicialmente un conjunto de variables muy correlacionadas con el PBI peruano, esto según lo reportado por estudios previos. Adicionalmente, se propone un conjunto de variables extraídas de encuestas a familias y empresas, así como otro conjunto de variables económicas internacionales potencialmente útiles para la elaboración del IR. De acuerdo a lo señalado por [Carrera \(2012\)](#), indicadores de tendencia central de estas series reflejan razonablemente bien la distribución de respuestas en estas encuestas. Las series propuestas se evalúan en el período enero de 2004 a octubre de 2011, dada la disponibilidad de las series de encuestas empresariales y de consumidores. El Cuadro 1 (p. 86) detalla las series por incorporarse, presenta fechas de inicio, unidades de medida, fuentes de información e indica si las series fueron transformadas a logaritmos y ajustadas por estacionalidad y días laborables.

2.1 ELECCIÓN DE LAS VARIABLES CANDIDATAS INICIALES

La base de datos inicial consta de 71 variables. Luego de un análisis exploratorio inicial se definen tres criterios que permitan evaluar la relación de las variables candidatas iniciales con el ciclo económico, que será representado a través del PBI. En particular, buscamos series adelantadas o coincidentes para la construcción del IR, por lo que las variables rezagadas serán descartadas en este paso inicial. Para ello, se procedió a calcular los siguientes estadísticos aplicados al componente cíclico de las variables:³

- **Coherencia espectral.** Permite evaluar si las series propuestas están relacionadas con el PBI a distintas frecuencias. Se escogen las series que muestren una coherencia espectral mayor que 0.15 para un rango de entre 1.5 a 8 años, lo que sugeriría que la serie analizada contiene información relevante sobre el componente cíclico del PBI.
- **Rezago de media.** Permite medir el adelanto o rezago en el movimiento de una serie respecto del PBI y evaluar su horizonte predictivo del ciclo económico. Series con un rezago en media positivo mayor que 0.5 son consideradas adelantadas. Series con un rezago en media negativo menor que 0.5 son consideradas rezagadas.
- **Correlaciones cruzadas respecto del ciclo del PBI.** Permite evaluar el adelanto o rezago del movimiento de una serie respecto del PBI a distintos horizontes de tiempo, complementando así la información extraída de los indicadores anteriores. Se determinará así la correlación máxima y el período correspondiente de la misma dentro del período establecido de +/- 8 meses. Las series con una correlación máxima en valor absoluto menor que 0.5 serán descartadas por mostrar una baja correlación con el ciclo económico. Adicionalmente, las series con una correlación negativa en valor absoluto mayor que 0.5 serán descartadas por ser variables rezagadas respecto del ciclo económico.

³ Siguiendo a [Mendoza y Morales \(2011\)](#), se utilizó el filtro de Christiano y Fitzgerald asimétrico para extraer el componente cíclico de estas variables pues, a diferencia del filtro de Baxter y King o del Christiano y Fitzgerald simétrico, no se pierde información al comienzo y al final de la muestra. Esto es particularmente importante cuando la muestra es pequeña.

CUADRO 1. Base de datos inicial

	Unidades	Fuente	Log	Ajuste estacional	Días laborables
Indicadores reales locales					
Ahorro en cuenta corriente del Gobierno Central	S/. Millones	BCRP	sí	sí	sí
Consumo de agua de Lima y Callao	Miles de m ³	INEI	sí	sí	sí
Crédito del sistema bancario al sector privado	S/. Millones	BCRP	sí	sí	sí
Crédito total/liquidez del sistema bancario	%	BCRP	sí	sí	sí
Dinero	S/. Millones	BCRP	sí	sí	sí
Exportaciones pesqueras tradicionales	US\$ Millones	BCRP	sí	sí	no
Gastos corrientes no financieros del Gobierno Central	S/. Millones	BCRP	sí	sí	sí
Gastos de capital del Gobierno Central	S/. Millones	BCRP	sí	sí	sí
Gastos no financieros del Gobierno Central	S/. Millones	BCRP	sí	sí	sí
Importaciones de bienes intermedios	US\$ Millones	SUNAT	sí	sí	no
Impuesto general a las ventas interno	S/. Millones	SUNAT	sí	sí	sí
Impuesto general a las ventas	S/. Millones	SUNAT	sí	sí	sí
Índice de precios al por mayor de maquinarias y equipo	Índice 1994=100	INEI	sí	sí	no
Índice de precios al por mayor de productos nacionales	Índice 1994=100	INEI	sí	sí	no
Índice de volumen físico de bienes intermedios	Índice 1994=100	INEI	sí	sí	sí
Índice de volumen físico de la industria manufacturera diversa	Índice 1994=100	INEI	sí	sí	sí
IPC de transporte y comunicaciones	Índice 2009=100	INEI	sí	sí	no
PBI del sector construcción, pesca y primario	Índice 1994=100	INEI	sí	sí	sí
Producción de electricidad	Gigawatts/hora	COES-SINAC	sí	sí	sí
Recaudación de Aduanas por impuesto selectivo al consumo	US\$ Millones	INEI	sí	sí	sí
Términos de intercambio	Índice 2001=100	BCRP	sí	sí	no
Valor bruto de producción de productos químicos, cauchos y plásticos	Índice 1994=100	INEI	sí	sí	sí
Indicadores financieros locales					
Reservas internacionales netas del sistema bancario	US\$ Millones	BCRP	sí	sí	no
Riesgo país	Puntos básicos	Bloomberg	no	no	no
Tasa activa en moneda extranjera hasta 360 días	%	SBS	no	no	no
Tasa de encaje efectivo en moneda extranjera	%	BCRP	sí	sí	no
Tasa de encaje efectivo en moneda nacional	%	BCRP	sí	sí	no
Tasa del saldo de certificados de depósitos del BCRP	%	BCRP	no	no	no
Expectativas					
Índice de actividad económica y de confianza empresarial	Índice de difusión	BCRP	no	no	no
Índice de expectativas del sector en los próximos 3 meses	Índice de difusión	BCRP	no	no	no
Índice de inventarios, de órdenes de compra, y de ventas	Índice de difusión	BCRP	no	no	no
Índices de confianza del consumidor.	Índice de difusión	APOYO Consultoría	sí	no	no
Indicadores reales internacionales					
Asia: indicador líder de las 5 economías más grandes	Índice	OECD	no	no	no
China: indicador líder	2009=100	OECD	no	no	no
China: ventas <i>retail</i> de bienes de consumo	Cientos de millones	National Bureau Statistics China	sí	sí	no
EEUU: indicador líder	Índice	OECD	no	no	no
EEUU: índice de confianza del consumidor (situación presente)	Índice de difusión	The Conference Board	sí	sí	sí
EEUU: tasa de desempleo	%	Bureau of Labor Statistics	sí	sí	no
EEUU: ventas de la manufactura y comercio	US\$ del 2005	Bureau of Economic Analysis	sí	sí	no
Europa: clima de negocios alemán.	2000=100	IFO	no	no	no
Europa: exportaciones extra-Eurozona	Euros Millones	Eurostat	sí	sí	no
Europa: indicador líder (EU 17)	Índice	OECD	no	no	no
Europa: Índice de nuevas órdenes en la manufactura	Índice de difusión	CEIC	sí	sí	no
Europa: índice de producción industrial (EU 16, excl. Construcción)	Índice	Eurostat	no	no	no
Europa: índice de producción industrial (EU 27, excl. Construcción)	Índice	Eurostat	no	no	no
Europa: índice de sentimiento económico (EU 16)	Índice	Eurostat	no	no	no
Europa: índice de sentimiento económico (EU 27)	Índice	Eurostat	no	no	no
Europa: índice de ventas <i>retail</i> (EU 16)	Índice	Eurostat	sí	no	no
Europa: índice de ventas <i>retail</i> (EU 27)	Índice	Eurostat	sí	no	no
G7: indicador líder	Índice	OECD	no	no	no
NAFTA: indicador líder	Índice	OECD	no	no	no
OECD: indicador líder (Europa)	Índice	OECD	no	no	no
OECD: indicador líder (más 6 economías no miembros más grandes)	Índice	OECD	no	no	no
OECD: indicador líder (total)	Índice	OECD	no	no	no
Indicadores financieros internacionales					
Dow Jones	Índice	CEIC	no	no	no
Índice VIX	Índice	CBOE	no	no	no
Riesgo país - Latinoamérica	Puntos básicos	Bloomberg	no	no	no
TED <i>spread</i>	%	CEIC	no	no	no
Tipo de cambio yen-dólar	yen por US\$	CEIC	no	no	no

NOTA: Las variables locales son de Escobal y Torres (2002), Kapsoli y Bencich (2004), Morón y otros (2002) y Ochoa y Lladó (2002). Las variables financieras internacionales fueron tomadas de Barclays Capital (2009). Las variables reales internacionales fueron tomadas de Anas y Ferrara (2003), Bellone y Saint-Martin (2003) y Camacho y otros (2010).

El Apéndice A presenta detalles metodológicos. Los resultados de estos procedimientos se encuentran en el Cuadro 2 (p. 88). En general, se observa que las variables que presentaron una coherencia espectral mayor que 0.15 también mostraron una correlación mayor que 0.5. Adicionalmente, las variables que resultaron rezagadas por tener una correlación negativa en valor absoluto mayor que 0.5 también mostraron un rezago en media negativo, y fueron descartadas. De esta manera, tras el proceso de eliminación de series rezagadas o poco informativas, la base de datos se redujo de un número inicial de 71 a un conjunto de 39 variables candidatas. Cabe resaltar que gran parte de las variables extraídas de encuestas empresariales e indicadores financieros de la economía peruana fueron seleccionadas con elevadas correlaciones positivas y un alto rezago en media, lo que las convierte en candidatas potenciales para la construcción del índice final. Adicionalmente, aunque los criterios de rezago en media y correlaciones dinámicas nos dan una idea de la relación temporal de las series analizadas respecto del ciclo económico, no nos brindan información exacta en cuanto a los meses de adelanto. Por ello, más adelante se aplica una metodología complementaria para determinar esta información para cada variable.

2.2 EL MODELO MARKOV-SWITCHING UNIVARIADO

En el siguiente paso para la construcción del índice se aplica el modelo MS a cada una de las candidatas iniciales. Aquí, se asume que las variables analizadas presentan distintos procesos generadores de datos que dependen del entorno o régimen en que se encuentre la economía. Estos regímenes cambiantes son representados por una variable discreta no observable que puede inferirse de forma probabilística de los datos. En particular, siguiendo a [Rodríguez \(2010\)](#), la variable s_t toma valores discretos $s_t \in \{1, 2, 3\}$ para el caso de las variables nacionales. Para las variables extranjeras, $s_t \in \{1, 2\}$, en línea con lo encontrado en la literatura internacional. El modelo MS para una variable y_t se resume en la siguiente ecuación:

$$y_t = m(s_t) + e_t, \quad (1)$$

donde $m(s_t)$ es la media que cambia de acuerdo a los valores que tome la variable s_t . La variable s_t cambia de un régimen a otro a través de probabilidades de transición que siguen un proceso cadena Markov de primer orden: $\Pr(s_t = j \mid s_{t-1} = i, s_{t-2} = l, \dots) = \Pr(s_t = j \mid s_{t-1} = i) = p_{ij}$. Es decir, la probabilidad de encontrarse en el régimen j en el período t , depende únicamente del régimen en que se encontraba la economía en el período $t - 1$. Además, se asume que tal probabilidad es invariante en el tiempo. Las probabilidades de transición deben cumplir con: $\sum_{j=1}^3 p_{ij} = 1; \forall j \in \{1, 2, 3\}$, es decir, las probabilidades de pasar de un estado i hacia cualquier estado posible debe sumar 1. Adicionalmente, pueden existir estados persistentes (con probabilidad de transición cercana a 1) mas no absorbentes (iguales a 1).

La variable no observable s_t puede inferirse mediante el algoritmo iterativo de Maximización de Expectativas que permite obtener la probabilidad que la variable y_t se encuentre en un régimen específico en cada momento del tiempo (ver [Krolzig, 1997](#)). Cuando se utiliza toda la información disponible en la muestra, se obtienen las probabilidades suavizadas. Cuando se utiliza la información que está disponible en cada momento del tiempo, se obtienen las probabilidades filtradas. En adelante, *PS* y *PF* se referirán a la probabilidad suavizada y filtrada de recesión, respectivamente.

El modelo propuesto, al no incluir rezagos de la variable endógena, podría padecer potencialmente de autocorrelación en los errores, lo que podría afectar potencialmente la precisión de la detección de los PG. Al respecto, [Bellone y Saint-Martin \(2003\)](#) sugieren que el efecto de los parámetros autorregresivos será capturado en gran parte por las probabilidades de transición que forman parte de la cadena de Markov.⁴

⁴ [Harding y Pagan \(2003\)](#) desarrollan una aproximación lineal simple del modelo de [Hamilton \(1989\)](#) que claramente muestra el “efecto autocorrelación” en modelos MS debido a la presencia de cadenas de Markov.

CUADRO 2. Criterios de selección de variables candidatas iniciales

	Coherencia espectral	Rezago en media en media	Correlación máxima	Período de máxima correlación
Indicadores reales locales				
Ahorro en cuenta corriente del Gobierno Central	0.24	-0.01	0.49	0
Consumo de agua de Lima y Callao	0.17	0.32	0.50	-4
Crédito del sistema bancario al sector privado	0.11	-0.54	0.52	7
Crédito total/liquidez del sistema bancario	0.21	-21.74	0.46	10
Dinero	0.62	-0.11	0.79	0
Exportaciones pesqueras tradicionales	0.01	0.81	0.20	-6
Gastos corrientes no financieros del Gobierno Central	0.39	0.02	0.63	0
Gastos de capital del Gobierno Central	0.09	0.46	0.37	-3
Gastos no financieros del Gobierno Central	0.33	0.12	0.58	0
Importaciones de bienes intermedios	0.52	-0.08	0.73	1
Impuesto general a las ventas interno	0.31	-0.18	0.58	1
Impuesto general a las ventas	0.59	-0.21	0.81	2
Índice de precios al por mayor de maquinarias y equipo	0.03	21.88	-0.02	-9
Índice de precios al por mayor de productos nacionales	0.08	-0.74	0.47	5
Índice de valor físico de bienes intermedios	0.69	-0.01	0.83	0
Índice de valor físico de la industria manufacturera diversa	0.00	0.97	0.20	-8
IPC de transporte y comunicaciones	0.00	-2.01	0.06	3
PBI del sector construcción	0.48	-0.01	0.70	0
PBI del sector pesca	0.01	-22.03	-0.09	4
PBI primario	0.11	0.14	0.35	-1
Producción de electricidad	0.20	-0.15	0.47	1
Recaudación de Aduanas por impuesto selectivo al consumo	0.02	0.82	0.31	-7
Términos de intercambio	0.21	-0.14	0.47	1
Valor bruto de producción de productos químicos, cauchos y plásticos	0.62	0.21	0.85	-2
Indicadores financieros locales				
RIN del sistema bancario	0.53	-0.03	0.73	0
Riesgo país	0.00	-1.35	0.20	7
Tasa activa en moneda extranjera hasta 360 días	0.07	-21.93	0.09	10
Tasa de encaje efectivo en moneda extranjera	0.08	-0.82	0.56	6
Tasa de encaje efectivo en moneda nacional	0.12	-0.45	0.45	4
Tasa del saldo de CD del BCRP	0.06	-21.50	0.07	9
Expectativas empresariales				
Índice de actividad económica	0.17	0.74	0.77	-6
Índice de confianza empresarial	0.08	1.30	0.80	-7
Índice de expectativas del sector en próximos 3 meses	0.12	1.02	0.83	-6
Índice de inventarios	0.15	0.52	0.57	-5
Índice de órdenes de compra	0.15	0.82	0.78	-6
Índice de ventas	0.09	0.97	0.70	-6
Expectativas de los consumidores				
Índice de confianza del consumidor	0.00	3.98	0.33	-10
Índice de confianza del consumidor familia	0.00	5.34	0.30	-10
Índice de confianza del consumidor futuro	0.00	2.67	0.28	-10
Índice de confianza del consumidor país	0.00	2.25	0.28	-10
Índice de confianza del consumidor precios	0.03	21.93	0.44	-10
Índice de confianza del consumidor presente	0.00	12.80	0.41	-10
Índice de confianza del consumidor trabajo	0.03	0.65	0.27	-5
Índice de confianza del consumidor vivienda	0.00	2.86	0.39	-10
Indicadores reales internacionales				
Asia: indicador líder de las 5 economías más grandes	0.31	0.19	0.59	-2
China: indicador líder	0.01	2.27	0.58	-8
China: Ventas <i>retail</i> de bienes de consumo	0.23	-0.12	0.49	0
EEUU: indicador líder	0.11	0.05	0.33	0
EEUU: índice de confianza del consumidor (situación actual)	0.03	0.33	0.19	-2
EEUU: tasa de desempleo	0.01	-22.11	0.15	10
EEUU: ventas de la manufactura y comercio	0.18	0.03	0.44	0
Europa: clima de negocios alemán.	0.13	0.32	0.42	-3
Europa: exportaciones extra-Eurozona	0.14	0.05	0.38	0
Europa: indicador líder (EU 17)	0.18	0.08	0.43	-1
Europa: índice de nuevas órdenes en la manufactura	0.18	0.13	0.44	-1
Europa: índice de producción industrial (EU 16, excl. Construcción)	0.20	0.07	0.45	-1
Europa: índice de producción industrial (EU 27, excl. Construcción)	0.20	0.07	0.46	-1
Europa: índice de sentimiento económico (EU 16)	0.10	0.35	0.38	-3
Europa: índice de sentimiento económico (EU 27)	0.12	0.39	0.42	-3
Europa: índice de ventas <i>retail</i> (EU 16)	0.01	0.49	0.12	-4
Europa: índice de ventas <i>retail</i> (EU 27)	0.01	0.51	0.15	-6
G7: indicador líder	0.17	0.10	0.42	-1
NAFTA: indicador líder	0.10	0.07	0.32	0
OECD: indicador líder (Europa)	0.19	0.06	0.45	0
OECD: indicador líder (más 6 economías no miembros más grandes)	0.23	0.12	0.49	-1
OECD: indicador líder (total)	0.18	0.11	0.43	-1
Indicadores financieros internacionales				
Dow Jones	0.02	0.59	0.21	-4
Índice VIX	0.01	-20.74	0.39	10
Riesgo país - Latinoamérica	0.00	-12.54	0.27	8
TED <i>spread</i>	0.03	-21.09	0.16	8
Tipo de cambio yen-dólar	0.02	21.94	0.14	-10

2.3 APLICACIÓN DEL MODELO MS UNIVARIADO A LAS SERIES CANDIDATAS

Con la finalidad de expresar variables de diversa naturaleza (cuantitativas, encuestas, tasas, entre otras) en las mismas unidades, se procede a calcular tasas de crecimiento estandarizadas para cada una de las 39 variables seleccionadas. En la construcción de estas tasas de crecimiento estandarizadas, se toman en cuenta diferentes grados de suavizamiento. El proceso de estandarización y de selección del grado óptimo de suavizamiento están descritos en el Apéndice A. Luego, se estima un modelo MS a cada una de estas variables transformadas. En adelante, el subíndice i hace referencia a la i -ésima variable analizada en cada modelo del total (N) de variables candidatas iniciales.

Se compararán las probabilidades suavizadas PS_t^i de cada una de las series candidatas i con una variable dicotómica que servirá como serie de referencia para evaluar el poder predictivo de cada variable. A diferencia de lo que ocurre en EEUU, donde un comité oficial determina el comienzo y el final de las recesiones (*National Bureau of Economic Research*, NBER), se utilizará un criterio de recesión técnica aplicado al PBI peruano. Según este criterio, la serie de referencia tomará valor 1 indicando recesión cuando el PBI peruano ajustado por estacionalidad haya acumulado seis meses de tasas de crecimiento mensuales negativas y 0 en cualquier otro caso.

Para descartar series con bajo poder para detectar recesiones, se calculará el *Score Cuadrático Promedio* (SCP) propuesto por Brier (1950),

$$SCP(i, R) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (PS_t^i - R_t)^2,$$

donde PS_t^i representa a la probabilidad suavizada de estar en recesión obtenida mediante la i -ésima variable y R_t es la variable dicotómica que indica recesión. Siguiendo a Bellone y Saint-Martin (2003), las series con un SCP mayor a 0.15 son descartadas del análisis. Nótese que el criterio de SCP permite encontrar el número exacto de meses en que cada variable adelanta o retrasa al PBI. Hemos descartado las variables rezagadas detectadas mediante este proceso. Ver el Apéndice A para detalles adicionales.

Los resultados para los dos períodos de análisis se muestran en el Cuadro 3 (p. 90), donde se observa que el criterio de Bellone y Saint-Martin (2003) permite descartar 14 variables. Además, se observa que la variable con el menor SCP resulta ser el indicador líder de la OECD más seis economías no miembros cuyo nivel y probabilidades se muestran en el Gráfico 2 (p. 91).

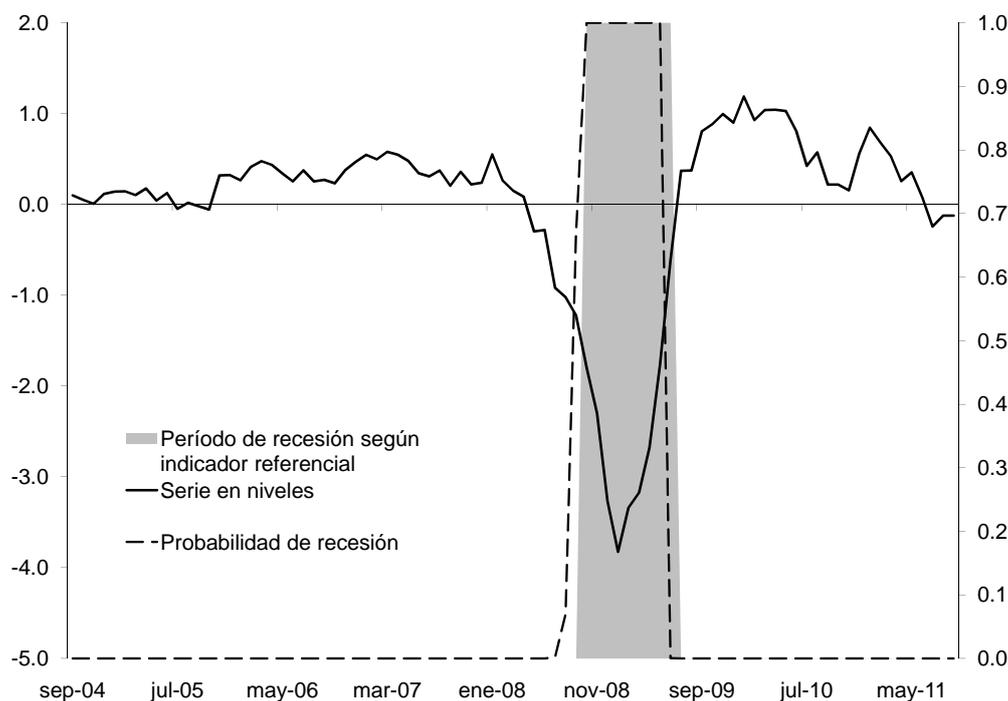
Se observa que las PS_t de esta variable detectaron con claridad el inicio del período recesivo en la economía peruana en setiembre 2008, el mismo mes de la quiebra del banco de inversión Lehman Brothers, evento asociado con el inicio de la crisis financiera global. Además, las PS_t se ubican por debajo del umbral que marca recesión de 0.5 en junio de 2009, el mismo mes en el que el indicador referencial marcó el fin de la recesión. Con ello, se concluye que este indicador internacional marca satisfactoriamente la cronología de recesiones del período analizado, indicando incluso con cierta anticipación el inicio de la fase recesiva de la economía.⁵

⁵ Es posible también aplicar el SCP a las probabilidades suavizadas del segundo régimen (régimen de recuperación) con el objetivo de validar lo encontrado por la aplicación del SCP a las probabilidades suavizadas de recesión. Sin embargo, para llevar a cabo este procedimiento se hace necesario contar con una serie de referencia para el régimen de recuperación. Debido a que construir esta serie requeriría aplicar diversos supuestos, se optó por centrar el análisis solamente en el régimen de recesión.

CUADRO 3. Criterios de selección de variables candidatas finales

	Suavizamiento óptimo (<i>k</i>)	Adelanto óptimo	SCP óptimo	Adelanto en índices
Indicadores reales locales				
Ahorro en cuenta corriente del Gobierno Central	3	4	0.09639	
Consumo de agua de Lima y Callao	4	5	0.10955	
Crédito del sistema bancario al sector privado	3	-5	0.10976	-2
Crédito total/liquidez del sistema bancario	3	-4	0.15975	
Dinero	4	0	0.06500	-2
Gastos corrientes no financieros del Gobierno Central	3	-1	0.09965	-2
Gastos no financieros del Gobierno Central	3	0	0.11441	-2
Importaciones de bienes intermedios	6	0	0.03448	-1
Impuesto general a las ventas interno	5	1	0.11711	
Impuesto general a las ventas	5	1	0.00044	
Índice de valor físico de bienes intermedios	5	1	0.08126	
PBI del sector construcción	3	-1	0.10465	-2
PBI primario	5	2	0.10621	
Producción de electricidad	6	1	0.00097	
Términos de intercambio	6	1	0.00023	
VBP de productos químicos, cauchos y plásticos	5	1	0.06554	
Indicadores financieros locales				
Reservas internacionales netas del sistema bancario	6	0	0.02611	0
Riesgo país	6	0	0.04479	0
Tasa de encaje efectivo en moneda extranjera	6	-4	0.01561	0
Tasa de encaje efectivo en moneda nacional	6	1	0.00766	
Expectativas empresariales				
Índice de actividad económica	3	-1	0.06818	0
índice de confianza empresarial	6	-3	0.05643	0
Índice de exp. del sector en próximos 3 meses	4	-3	0.05410	0
Índice de inventarios	5	-1	0.11185	0
Índice de órdenes de compra	5	-2	0.01070	0
Índice de ventas	6	-1	0.02070	0
Indicadores reales internacionales				
Asia: indicador líder de las 5 economías más grandes	6	-1	0.02252	-2
China: indicador líder	3	4	0.00185	
China: ventas <i>retail</i> de bienes de consumo	3	10	0.10419	
EEUU: ventas de la manufactura y comercio	6	0	0.01150	-1
Europa: clima de negocios alemán.	5	-3	0.14961	
Europa: exportaciones extra-Eurozona	6	0	0.00941	-2
Europa: indicador líder (EU 17)	6	0	0.00622	-2
Europa: índice de ventas <i>retail</i> (EU 27)	6	0	0.00772	-2
G7: indicador líder	6	0	0.01196	-2
OECD: indicador líder (Europa)	6	0	0.01140	-2
OECD: indicador líder (más 6 economías no miembros más grandes)	6	-1	0.00134	-2
OECD: indicador líder (total)	6	-1	0.00262	-2
Indicadores financieros internacionales				
Riesgo país - Latinoamérica	4	0	0.09195	0

GRÁFICO 2. Probabilidades de recesión estimadas a partir del indicador líder de la OECD



NOTA: Eje izquierdo: crecimiento estandarizado del indicador líder OECD más 6 no miembros. Eje derecho: probabilidades.

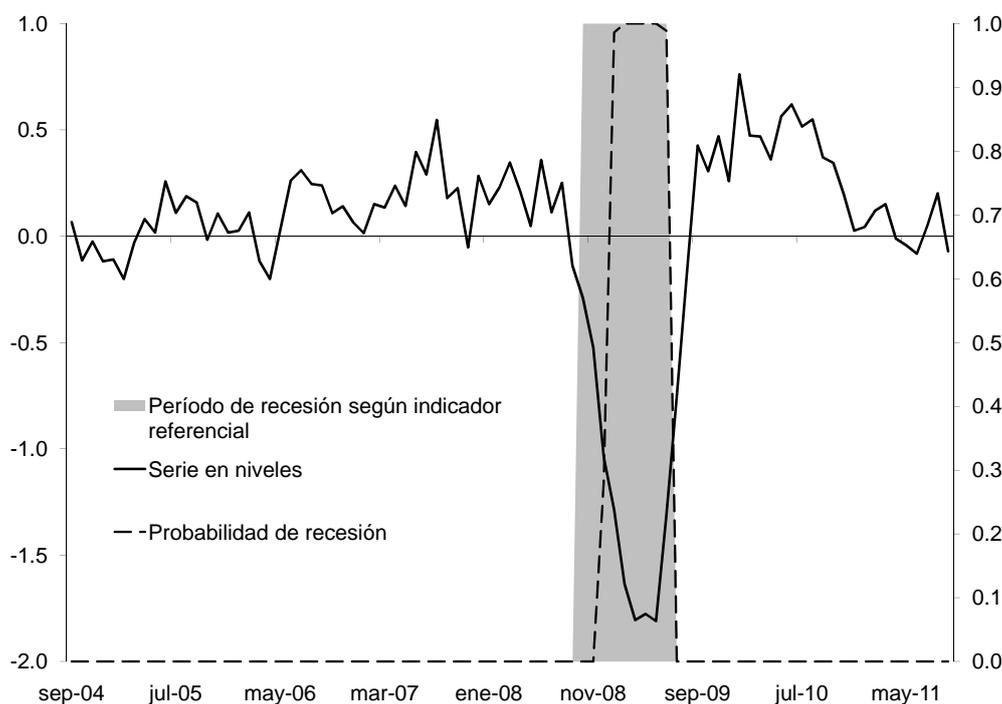
2.4 CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR PROBABILÍSTICO DE RECESIÓN

Aún cuando son útiles, detectar recesiones de modelos MS univariados no captura el comovimiento entre variables que está implícito en el concepto de ciclo económico. Una estrategia para superar este problema es combinar diferentes variables con el objetivo de obtener un IR agregado que busque optimizar las señales de recesión extraídas de las series individuales seleccionadas. Por lo tanto, seguiremos a [Stock y Watson \(2003\)](#) y [Bellone y Saint-Martin \(2003\)](#), quienes encuentran que indicadores formados a partir de la agregación de múltiples variables poseen una mejor capacidad de detección de recesiones que indicadores univariados. Esto es una consecuencia de la posible inestabilidad y mayor ruido en las señales enviadas por variables individuales que pueden moderarse al combinar distintas series.

Agregando las variables en un solo indicador de recesión

Hasta el momento, se ha estimado un modelo MS para cada una de las series candidatas y se ha evaluado su poder de detección de recesiones por separado, encontrando así un subconjunto reducido de mejores candidatas. Pero nuestro objetivo es obtener un único indicador probabilístico de recesión, IR. Como señalan [Carnot y Tissot \(2002, pp. 120-128\)](#), la ausencia de argumentos teóricos para combinar las probabilidades provistas por los modelos MS puede ser una desventaja para el uso de estos modelos.

Un modelo que se adapta naturalmente al objetivo de generar un indicador único de recesión a partir de muchas variables es el modelo de factores dinámicos que siguen una cadena de Markov ([Chauvet, 1998](#)). Este modelo supone que las variables analizadas presentan un factor común que cambia de régimen de acuerdo a una cadena de Markov, con lo cual se puede obtener una probabilidad de encontrarse en un estado de recesión. Sin embargo, como afirman [Bellone y Saint-Martin \(2003\)](#), estos modelos tienen graves problemas de convergencia al ser estimados, hecho que responde principalmente a la gran cantidad de parámetros que deben estimarse incluso en las versiones más parsimoniosas.

GRÁFICO 3. Probabilidad de recesión del IR agregado (25 variables)

NOTA: Eje izquierdo: crecimiento estandarizado del IR agregado. Eje derecho: probabilidades.

Se opta por una alternativa más directa en la que las variables candidatas se promedian y luego se estima un modelo MS para este promedio. Las probabilidades suavizadas resultantes serán tomadas como el IR. Esto se conoce como agregación en el *espacio temporal* (Bellone y Saint-Martin, 2003).

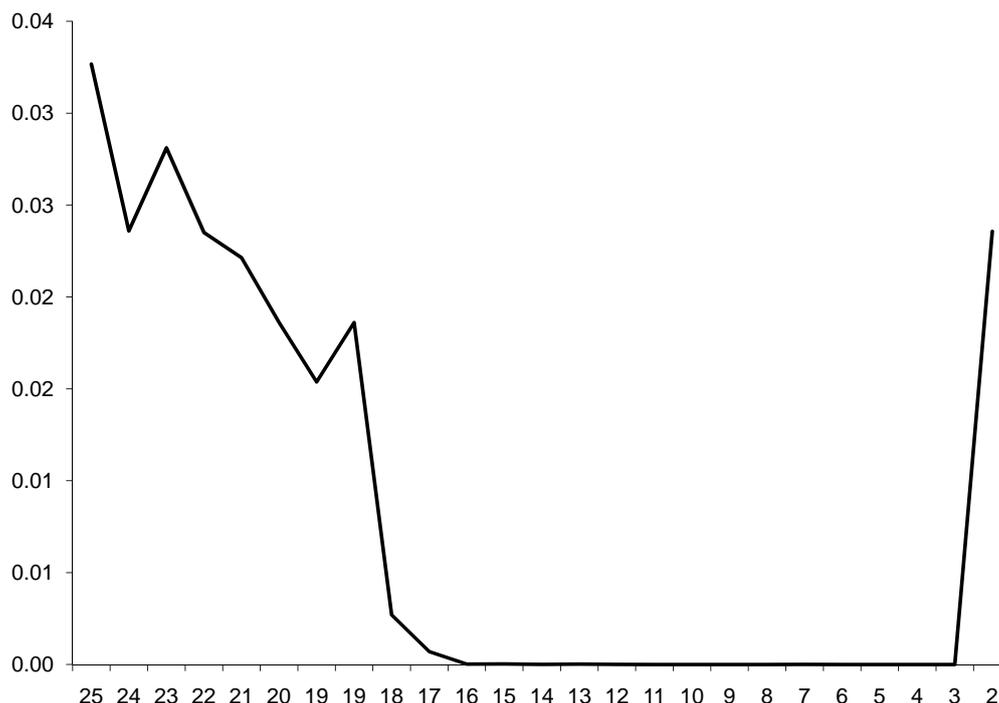
Con respecto a la temporalidad de la agregación de cada variable al índice, surgen dos posibilidades: considerar para cada serie ya sea sus meses de adelanto al ciclo económico o los meses de distancia entre el último dato disponible respecto del mes en curso. Específicamente, si suponemos que una variable es adelantada en 10 meses pero el último dato disponible es de dos meses atrás, existe la posibilidad de calcular el IR del período t en base a los datos de la mencionada variable en $t - 10$ o en $t - 2$. Aunque agregar las series en términos del último dato disponible respecto del mes actual implicaría posiblemente castigar la serie con un menor SCP, permitiría ganar en rapidez de detección de recesiones. Por ejemplo, si una variable que adelanta en 10 meses es incorporada al índice adelantándola 10 meses, la alerta sobre la recesión será tardía. Sin embargo, si se le incorpora en base al último dato disponible que es de dos meses atrás, la alarma de recesión para hoy se daría con ocho meses de anticipación. Por ello, se optó por la segunda forma de agregación.

El Gráfico 3 revela que un indicador construido a partir de la agregación de las mejores 25 variables juntas no es significativamente superior en la capacidad de detección de recesiones que IR construido a partir de la mejor variable individual (indicador líder de la OCDE más las seis economías no miembros más grandes). Por este motivo, cabe preguntarse si a partir de este conjunto de 25 variables escogemos solamente las más informativas, ¿Puede mejorarse aún más la capacidad de detección de los IR agregados?

Eligiendo el conjunto óptimo de series para el indicador de recesión

Si bien el IR agregado calculado no logra superar a las mejores variables individuales en capacidad de detección, la posibilidad de agregación de variables no debe descartarse aún. Es necesario considerar que

GRÁFICO 4. Score Cuadrático Probabilístico obtenido en el proceso iterativo de eliminación



NOTA: El eje vertical mide el SCP tras la remoción de la variable con menor poder informativo, mientras que el eje horizontal representa el número de variables del índice.

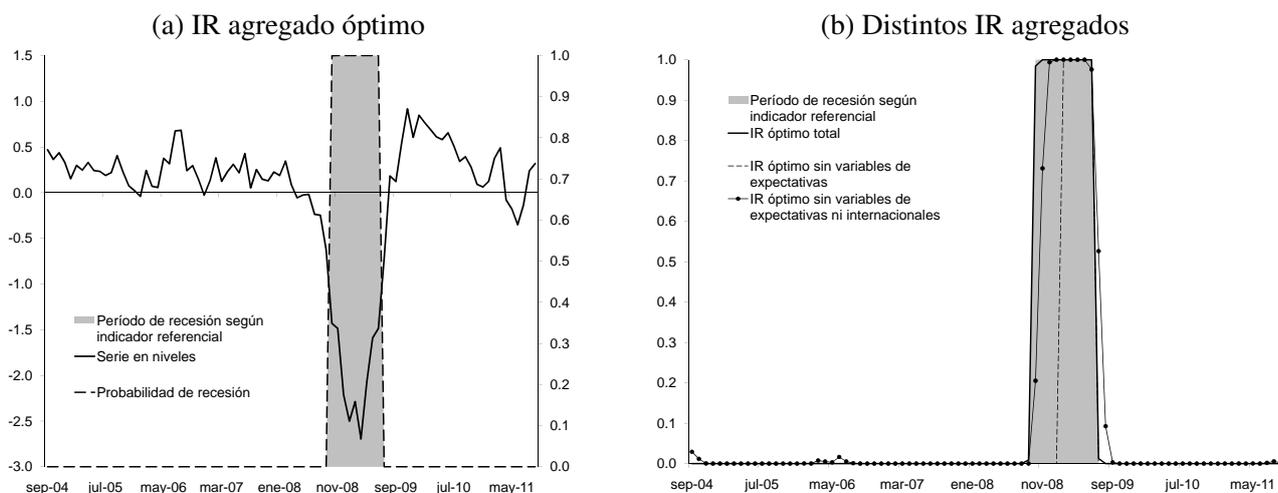
este IR incorpora algunas variables que pueden agregar muy poca información para determinar el estado de recesión, otras que pueden agregar ruido en vez de información valiosa, e incluso otras que agreguen información redundante que aumenten innecesariamente el número de variables para la construcción del IR, dificultando la tarea de actualización. Por ello, es necesario plantear una metodología que permita eliminar las variables menos relevantes.

Con este fin, se plantea un método de elección de un conjunto óptimo de series para la elaboración del IR agregado basado en el método iterativo de tres pasos de Bardaji y otros (2009). Primero, se estiman n indicadores de recesión que incluyen a las n variables candidatas menos la j -ésima serie, donde $j = 1, \dots, n$; cada IR estimado de esta manera se denomina IR_{nj} . Para cada IR_{nj} se procede a calcular su respectivo SCP y, a continuación, se descarta la j -ésima serie para la cual el SCP haya sido el menor. De esta manera, se elimina la serie que brinde menos información respecto de la probabilidad de estar en recesión. Se repiten estos tres pasos de forma iterativa hasta que el SCP obtenido haya alcanzado su menor valor. Con ello, se consigue un número mínimo óptimo de variables para la construcción del IR final.⁶

El proceso de eliminación se muestra en el Gráfico 4. El eje vertical contiene el SCP tras la remoción de la variable con menor poder informativo, mientras que el eje horizontal reporta el número de variables del índice. El proceso iterativo propuesto permite un ajuste del IR progresivamente menor en cada iteración hasta que un SCP mínimo es alcanzado. En particular, se observa que la adecuación respecto de la serie de referencia mejora significativamente al extraer las primeras 7 variables. Este ajuste permanece prácticamente constante hasta que quedan tres variables, luego de lo cual la adecuación del IR empeora significativamente.

⁶ Anas y Ferrara (2003) encuentran que el beneficio marginal en precisión de incorporar más de seis variables es nulo, lo que resulta ser otra ventaja respecto del uso de indicadores líderes que incorporan entre 10 y 20 variables para su estimación.

GRÁFICO 5. Probabilidad de recesión



NOTA: Eje izquierdo, panel(a): tasa de crecimiento estandarizada. Eje derecho, panel(a) y panel(b): probabilidades.

Se escogió como IR a aquel conformado por tres variables. Este índice reporta el SCP mínimo y también facilita la actualización del IR final. Así, el IR se compone de las ventas de la manufactura y comercio en EEUU, el índice de expectativas sectoriales construido por el BCRP y el indicador líder del G7.⁷ Se puede concluir que el método iterativo de eliminación propuesto permite seleccionar variables de distinta naturaleza para la construcción del indicador óptimo, es decir, variables reales internacionales y variables basadas en encuestas. Esto permite tener heterogeneidad en la naturaleza del IR final, en línea con los conocimientos generalizados observados en las recesiones. Además, permitiría capturar recesiones de naturaleza distinta en futuras actualizaciones del índice, ya sean generadas por una crisis internacional, una crisis política e incluso problemas climáticos ya que el IR cuenta con el índice de expectativas sectoriales que recoge información de diversos sectores de la economía.

Las probabilidades de recesión extraídas a partir del IR óptimo se muestran en el Gráfico 5(a). Se puede observar que el IR óptimo muestra un buen desempeño en la detección de la recesión de 2008, puesto que supera el umbral de 0.5 un mes después de la quiebra del banco de inversión Lehman Brothers en setiembre, evento que marcó el inicio de la crisis financiera internacional. Vale la pena mencionar que el nivel del indicador muestra una caída al final de la muestra asociada a la desaceleración económica generada por el ajuste fiscal aplicado por el gobierno y la incertidumbre política. Sin embargo, esta caída no se traduce en un aumento de la probabilidad de que se esté en recesión en ese período, con lo que el indicador no da una falsa alarma.

Por último, se evalúa la calidad de la información proporcionada por variables internacionales y aquéllas provenientes de encuestas, es decir, si su inclusión en el análisis mejora la capacidad de detección de recesiones del IR. Para ello, se lleva a cabo el proceso iterativo incluyendo solo variables reales y financieras locales (9 variables), luego se incluirán las variables basadas en encuestas (15 variables en total) y finalmente se incluirán las variables internacionales (25 variables en total).

⁷ El indicador final está compuesto de variables con un número diferente de regímenes: mientras que las variables internacionales tienen dos regímenes, aquéllas basadas en encuestas tienen tres. Con la finalidad de determinar el número de regímenes del índice final se sigue a Humala (2005), que propone el uso de indicadores de grado de ajuste para obtener la mejor especificación puesto que las pruebas estadísticas que evalúan el número óptimo de regímenes poseen distribuciones no estándares (Hansen, 1992). Con esta estrategia, se comprobó que el número óptimo de regímenes de nuestro índice final es igual a tres.

A partir del Gráfico 5(b), la inclusión de variables internacionales y de variables provenientes de encuestas mejora sustantivamente la capacidad de detección del óptimo hallado. De hecho, el SCP del óptimo se reduce a 0.56×10^{-5} , pero cuando se extraen las variables basadas en encuestas el SCP aumenta a 0.05 y permanece elevado en 0.01 cuando las variables internacionales son excluidas. Por ello, podemos concluir que las variables basadas en encuestas así como las variables internacionales presentan información confiable que permite complementar la información brindada por indicadores reales y financieros para la detección de recesiones.

2.5 DETECCIÓN EN TIEMPO REAL

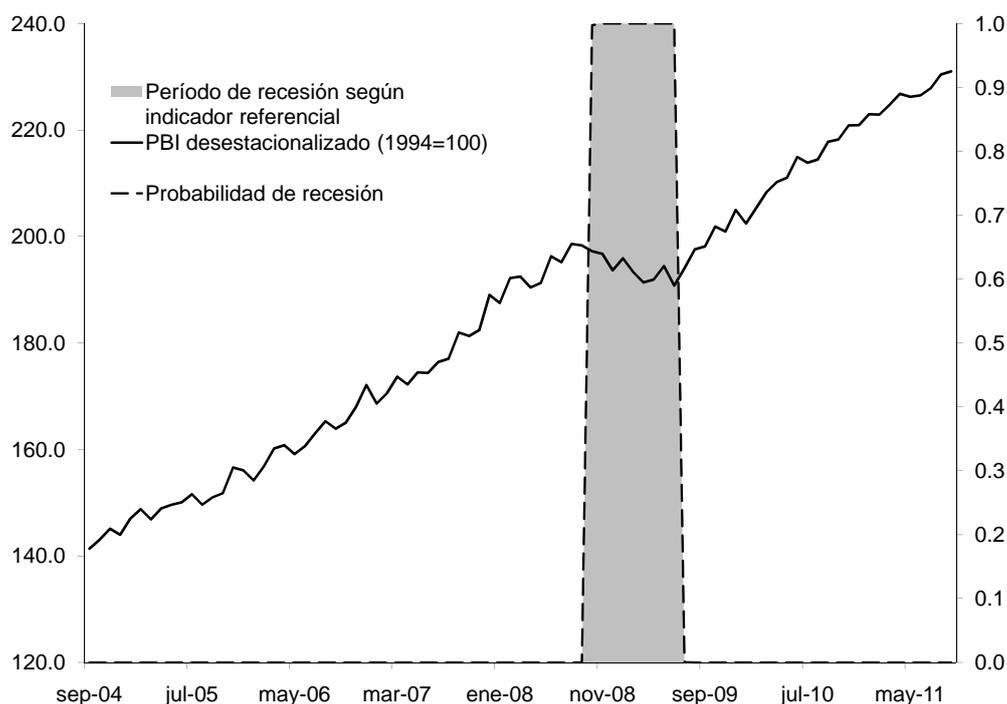
El IR conformado por las ventas de la manufactura y comercio de EEUU, las expectativas sectoriales y el indicador líder del G7 muestra la mejor capacidad de detección de recesiones en términos históricos. Sin embargo, ¿tendrá la misma capacidad para la detección de recesiones en tiempo real? Para responder esta pregunta, se llevará a cabo una prueba de la capacidad de detección de recesiones del IR óptimo al inicio de un período recesivo, en particular durante la crisis financiera internacional de 2008-2009. Entonces, se propone el siguiente escenario: si es que el indicador hubiese sido usado *ad portas* del estallido de la crisis financiera internacional, ¿Habría podido detectar la recesión en la economía peruana a tiempo con una señal constante luego de actualizaciones sucesivas? Cabe mencionar primero que, en la medida que la construcción del índice considera el retraso de publicación de cada variable, se usa información disponible en cada momento del tiempo, por lo que un problema potencial de detección en tiempo real se soluciona. Un segundo problema es que el IR final debe ser calculado a partir de la información disponible hasta el período de evaluación. Para enfrentar este problema, se construirá el IR en base a las probabilidades filtradas (PF_t) de cada variable, con lo que se asegura que la estimación de las probabilidades de recesión tome en cuenta la información disponible en cada momento del tiempo.

La prueba en tiempo real del IR final seleccionado muestra que este indicador cruzó la barrera de 0.5 indicando recesión en octubre del año 2008, solo un mes después del inicio de la crisis financiera internacional (ver Gráfico 6, p. 96). De acuerdo al índice, la recesión duró hasta junio de 2009, cuando el IR final se ubicó por debajo del umbral de 0.5 y el PBI desestacionalizado empezó a mostrar tasas de crecimiento positivas. Cabe resaltar la firmeza en la señal de recesión de las actualizaciones sucesivas del IR, lo que reduce la posibilidad de ocurrencia de alarmas de recesión que puedan ser desmentidas por actualizaciones posteriores. Esta estabilidad en la señal de recesión estaría relacionada a las propiedades de los modelos del tipo de MS, que tienden a modelar satisfactoriamente series muy persistentes y con “colas anchas”, en línea con lo encontrado por Bellone y Saint-Martin (2003).

En general, se observa que aunque el IR final propuesto ha sido elaborado con información que abarca un período de ocho años y considera solo un período recesivo, el indicador muestra gran rapidez y confiabilidad en la detección de recesiones en tiempo real. Además, la heterogeneidad en la composición del índice le permitiría detectar a futuro recesiones causadas por distintas fuentes, ya sea una crisis internacional, una crisis política e incluso factores climáticos. Por ello, representa una herramienta útil para autoridades de política y empresas con el fin de obtener información cualitativa del ciclo económico en tiempo real que complementa el uso de indicadores líderes.

3 CONCLUSIONES

Determinar la ocurrencia del inicio de una recesión o de una recuperación resulta útil tanto para autoridades de política como para el sector empresarial. A los primeros, les permite adoptar políticas de estímulo a la economía en caso de recesión o de retiro de las mismas en caso de recuperación económica.

GRÁFICO 6. Probabilidad de recesión del IR agregado óptimo en tiempo real

A los segundos, les permite adaptar sus estrategias a tiempo para minimizar pérdidas ante caídas súbitas de la demanda en una recesión o para incrementar las ganancias ante una inminente recuperación de la economía. En ese sentido, un indicador probabilístico de recesión cumple enteramente el objetivo descrito líneas arriba, pues brinda información cualitativa sobre el ciclo económico que complementa a la información cuantitativa obtenida de los indicadores líderes. Por ello, en el presente trabajo se ha buscado construir un índice probabilístico mensual de detección de recesiones para la economía peruana. Este indicador se construyó en base a un modelo no lineal del tipo MS.

En la construcción de este índice, se evaluó la capacidad para detectar recesiones de variables extraídas de encuestas a familias y empresas peruanas y de variables reales y financieras internacionales. Carrera (2012) señala que los datos provenientes de encuestas cubren un período de relativamente baja inflación y ha habido un creciente interés en explicar el proceso mediante el cual los agentes forman sus expectativas. En el presente documento, evaluamos la capacidad de dichas variables para detectar recesiones, encontrando que proveen información muy valiosa. Asimismo, se utilizó una metodología para combinar la información contenida en diferentes variables para obtener un índice de recesión óptimo.

Se encuentra que índices elaborados en base a combinaciones de variables muy informativas presentan una mejora en la capacidad de detección de recesiones respecto de índices univariados. Esto debido a que la combinación de variables no sólo refleja la noción de comovimiento de las mismas en el ciclo económico, sino también permite suavizar los choques idiosincrásicos que afectan a cada serie, reduciendo así las falsas alarmas. Además, se verifica que la incorporación de variables internacionales así como de encuestas mejora sustancialmente la capacidad de detección de recesiones del índice probabilístico.

El índice de recesión final está compuesto por tres variables: las ventas de la manufactura y comercio en EEUU, las expectativas sectoriales a tres meses y el indicador líder del G7. El indicador propuesto detecta rápidamente y con elevada confiabilidad el período de recesión experimentado por la economía peruana asociado a la crisis internacional, incluso en tiempo real. Además, el indicador está conformado por variables de distinta naturaleza, esto es, variables internacionales y variables basadas en encuestas.

Esta heterogeneidad puede mejorar la capacidad de detección del índice. El indicador de ventas de la manufactura y comercio de EEUU y el indicador líder del G7, por ejemplo, podría servir para capturar recesiones causadas por choques externos. El índice de expectativas sectoriales puede capturar también recesiones provenientes del exterior, así como aquellas causadas por incertidumbre política e inclusive factores climáticos, ya que contiene información proveniente de compañías pesqueras y agrícolas. Por lo tanto, el índice final representa una herramienta potencialmente útil para la toma de decisiones relacionadas con la detección de PG para autoridades de política y empresas. Sin embargo, su capacidad futura de detección de recesiones debe pasar aún la prueba del tiempo.

Finalmente, los modelos MS estimados en este estudio solamente consideraron una media, sin incorporar estructura de rezagos alguna, lo que podría resultar en posible autocorrelación en los residuos. Si bien [Harding y Pagan \(2003\)](#) demuestran que los modelos MS pueden capturar este efecto debido a la presencia de las cadenas de Markov, es importante resaltar que esta conjetura tendría mayor validez si existen cambios frecuentes de regímenes. En contraste, la muestra utilizada solamente contiene un período recesivo, por lo cual futuras investigaciones en esta línea deberán evaluar estructuras de rezagos más completas, de manera que estos riesgos se minimicen.

A COHERENCIA ESPECTRAL Y REZAGO EN MEDIA

La coherencia espectral es una medida de comovimiento, como función de la frecuencia, entre dos series de tiempo. Siguiendo a [Croux y otros \(2001\)](#), definimos el *espectro cruzado* entre la serie x e y como:

$$f_{xy}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \rho_{xy}(k) \exp\{-i\omega k\} \tag{2}$$

donde ω denota la frecuencia en el intervalo $[-\pi, \pi]$ y $\rho_{xy}(k)$ denota la covarianza cruzada del rezago k . Dado que las covarianzas cruzadas no son simétricas, el *espectro cruzado* toma en general valores complejos. El cuadrado de la coherencia se define como el ratio entre el cuadrado del módulo del producto del espectro de la serie y de referencia y el de la serie de acuerdo a:

$$\text{Coh}(\omega)^2 = \frac{f_{xy}(\omega)^2}{f_x(\omega) f_y(\omega)}. \tag{3}$$

Cuando se estima el espectro cruzado, se lleva a cabo un proceso de suavizamiento de acuerdo a:

$$\tilde{f}_{xy}(\omega) = \sum_{m=-M}^M W(m) f_{xy}(\omega_{l+m}). \tag{4}$$

donde el término $W(m)$ es denominado *ventana espectral*.

Para análisis de ciclo económico, los economistas están usualmente interesados en el rango de periodicidad entre 1.5 y 8 años, por lo que una alta coherencia de este intervalo es evidencia de que las series contienen información importante acerca del comportamiento cíclico del PBI.

Dado que el *espectro cruzado* tiene en general valores complejos, puede ser reescrito en coordenadas:

$$f_{xy}(\omega) = |f_{xy}(\omega)| \exp\{-i\text{Ph}(\omega)\}, \tag{5}$$

donde $\text{Ph}(\omega)$, el argumento del *espectro cruzado*, es la fase de la serie y sobre la primera. El rezago en

media está definido como el ratio $\text{Ph}(\omega)/\omega$, el cual mide los rezagos en los movimientos de una serie con respecto a otra. Un rezago en media positivo para una frecuencia determinada indica que el componente cíclico de y adelanta al componente cíclico de x .

B ESTANDARIZACIÓN, SUAVIZAMIENTO Y CLASIFICACIÓN SEGÚN REZAGO

Llamemos $Y_t = (Y_{1,t}, Y_{2,t}, \dots, Y_{N,t})'$ al vector de dimensión $N \times 1$ compuesto por las N series de tiempo que fueron seleccionadas en el proceso descrito en la sección 2.1. Asimismo, llamemos $y_t = (y_{1,t}, y_{2,t}, \dots, y_{N,t})'$ al vector compuesto por las tasas de crecimiento que dependen de $k = (k_1, k_2, \dots, k_N)$, el cual es el vector que contiene el grado de suavizamiento de cada serie.

Así, se tiene que

$$y_{i,t} = 100(1 - L^{k_i}) \log(Y_{i,t}) = 100(\log(Y_{i,t}) - \log(Y_{i,t-k_i})),$$

donde L es el operador de rezagos. Luego construimos el vector de las tasas de crecimiento estandarizadas $y_t^* = (y_{1,t}^*, y_{2,t}^*, \dots, y_{N,t}^*)'$, donde

$$y_{i,t}^* = \frac{y_{i,t} - \mu_{y_i}}{\sigma_{y_i}}, \quad (6)$$

siendo μ_{y_i} y σ_{y_i} , las correspondientes media y desviación estándar muestral de las tasas de crecimiento de la i -ésima serie. Debido a este proceso de estandarización es posible agregar series de distinto tipo (cuantitativas, encuestas, tasas, entre otras), ya que estarán expresadas en las mismas unidades.

El valor óptimo de k_i (el grado de suavizamiento de cada serie) será aquel que minimice el SCP aplicado a cada variable i y grado de suavizamiento k , es decir

$$\text{SCP}(i, k, R) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (S P_i^j(k) - R_t) \quad (7)$$

donde $S P_i^j(k)$ es la probabilidad suavizada de recesión obtenida por la i -ésima variable y grado de suavizamiento k , y donde $R_t = \{0, 1\}$ es una variable dicotómica que indica el estado de recesión. Sobre el valor de k_i , es necesario considerar que mientras menor sea el grado de suavizamiento mayor será la rapidez de detección de recesiones; sin embargo, la probabilidad de obtener falsas alarmas también se incrementa. En contraste, si el grado de suavizamiento es muy elevado, la probabilidad de obtener falsas alarmas disminuye, pero también lo hace la velocidad de detección de recesiones. Por ello, se acota la búsqueda del k_i óptimo tal que $k_i \in \{3, \dots, 6\}$, lo que permite balancear los riesgos mencionados.

Como se discute en la sección 2.1, la metodología de clasificación basada en el cálculo del rezago en media y correlaciones cruzadas de las variables permite establecer si una variable es rezagada o adelantada respecto del ciclo económico, pero no los meses exactos de dicho rezago o adelanto. Para determinar esta información utilizamos el criterio de SCP aplicado a las probabilidades de recesión de cada variable con 10 períodos de adelanto y 10 de períodos de rezago respecto de la serie de referencia. Con ello, podremos establecer el número de meses de adelanto (o rezago) y el grado de suavizamiento (k_i) correspondiente que minimiza el SCP.⁸

⁸ Notar que la metodología propuesta estima el k óptimo y, luego, el rezago óptimo. Sin embargo, es posible hallar ambos elementos simultáneamente.

REFERENCIAS

- Anas, J. y L. Ferrara (2003), "Detecting Cyclical turning points: The ABCD approach and two probabilistic indicators", XXVI CIRET Conference (Taipei).
- Barclays Capital (2009), "A real stress test", Working Paper February 27th 2009.
- Bardaji, J., L. Clavel y F. Tallet (2009), "Constructing a Markov switching turning point index using mixed frequencies with an application to french business survey data", *Journal of Business Cycle Measurement and Analysis*, 2009(2), 111-132.
- Bellone, B. y D. Saint-Martin (2003), "Detecting turning points with many predictors through hidden markov models", Séminaire Fourgeaud, Working Paper.
- Brier, G. (1950), "Verification of forecasts expressed in terms of probability", *Monthly Weather Review*, 78(1), 1-3.
- Camacho, M., G. Pérez-Quiros y P. Poncela (2010), "Green shoots in the Euro area: A real-time measure", Banco de España, Working Paper 1026.
- Carnot, N. y B. Tissot (2002), *La Prévision Economique*, Economica.
- Carrera, C. (2012), "Estimating information rigidity using firms' survey data", *The B.E. Journal of Macroeconomics*, 12(1, Topics), Artículo 13.
- Chauvet, M. (1998), "An econometric characterization of business cycle dynamics with factor structure and regime switching", *International Economic Review*, 39(4), 969-996.
- Chow, H. y K. Choy (2009), "Analyzing and forecasting business cycles in a small open economy: A dynamic factor model for singapore", Business University of Singapore, Working Paper 05-2009.
- Croux, C., M. Forni y L. Reichlin (2001), "A measure of comovement for economic indicators: Theory and empirics", *Review of Economics and Statistics*, 83(2), 430-450.
- Dancourt, O. y W. Mendoza (2009), "Perú 2008-2009: Del auge a la recesión. Choque externo y respuestas de política macroeconómica" en Dancourt, O. y F. Jiménez (eds.), *Crisis Internacional: Impacto y Respuestas de Política Económica en el Perú*, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 59-88.
- Escobal, J. y J. Torres (2002), "Un sistema de indicadores líderes del nivel de actividad para la economía peruana", Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE), Documento de Trabajo 39.
- Etter, R. y M. Graff (2011), "A composite leading indicator for the Peruvian economy based on the BCRP's monthly business tendency surveys", Banco Central de Reserva del Perú, Documento de Trabajo 2011-006.
- Hamilton, J. (1989), "A new approach to the economic analysis of non-stationary time series and the business cycle", *Econometrica*, 57(2), 357-384.
- Harding, D. y A. Pagan (2003), "A comparison of two business cycle dating methods", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 27(9), 1681-1690.
- Hansen, B. (1992), "The likelihood ratio test under non-standard conditions: Testing the Markov switching model of GNP", *Journal of Applied Econometrics*, 7(8), 61-82.
- Humala, A. (2005), "Modelling interest rate pass-through with endogenous switching regimes in Argentina", Tesis doctoral.

- Kapsoli, J. y B. Bencich (2004), “Indicadores líderes, redes neuronales y predicción de corto plazo”, Pontificia Universidad Católica del Perú, *Revista Economía*, 27(53-54), 213-253.
- Krolzig, H. (1997), *Markov-Switching Vector Autoregressions: Statistical Inference and Application to Business Cycle Analysis*, Springer, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 454.
- Mendoza, L. y D. Morales (2011), “Construyendo un índice coincidente de recesión para la economía peruana”, Consorcio de Investigación Económica y Social, PB13-2010.
- Morón, E., C. Casas y E. Carranza (2002), “Indicadores líderes para la economía peruana”, Universidad del Pacífico, Documento de Trabajo 49.
- Neftci, S. (1982), “Optimal predictions of cyclical downturns”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 4(1), 225-241.
- Ochoa, E. y J. Lladó (2002), “Modelos de indicadores líderes de actividad económica para el Perú”, Banco Central de Reserva del Perú, *Revista de Estudios Económicos*, 10.
- Rodríguez, G. (2010), “Application of three non-linear econometric approaches to identify business cycles in Peru”, *Journal of Business Cycle Measurement and Analysis*, 2010(2), 1-25.
- Skovgaard, L. y G. Clyde (2011), “Foreign direct investment in time of crises”, Peterson Institute of International Economics, Working Paper 11-3.
- Stock, J. y M. Watson (2003), “Forecasting output and inflation: The role of asset prices”, NBER Working Paper 8180.
- Taylor, J. (2009), “The financial crisis and the policy responses: An empirical analysis of what went wrong”, NBER Working Paper 14631.