



Documento de Trabajo SECMCA-03-2020

**PROPUESTA DE UN INDICADOR
DE RIESGO SISTÉMICO PARA
EL TRIÁNGULO NORTE DE CENTROAMÉRICA**

Luis Ortiz Cevallos

Secretaría Ejecutiva
San José, Costa Rica



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

PROPUESTA DE UN INDICADOR DE RIESGO SISTÉMICO PARA EL TRIÁNGULO NORTE DE CENTROAMÉRICA

Luis Ortiz Cevallos*†

lortiz@secmca.org

Resumen

En este trabajo se aplica la metodología mostrada en Cabrera et al. (2014), para obtener un indicador de riesgo sistémico (IRS) por país perteneciente al Triángulo Norte de Centroamérica (TNC). Esta metodología tiene la ventaja de incluir un proceso de agregación basada en la teoría de portafolio, permitiendo transitar de la adición de riesgos por sector, a la adición de éstos por país en aras de disponer de un IRS regional. Tras aplicar el procedimiento jerárquico aglomerativo sobre el ciclo del crédito entre los países de Centroamérica, Panamá y República Dominicana se identifica un clúster conformado por los países del TNC, justificando la elaboración de un indicador pertinente a esa región. Este indicador muestra, durante los momentos más álgidos de las crisis, como en abril 2020, una tasa de crecimiento mensual entre 1.5 y 8.7 veces superior a la tasa de crecimiento mensual mostrado por los indicadores por país; revelando una variación en el riesgo adicional, consecuencia de la integración financiera transfronteriza. Adicionalmente, el análisis del riesgo sistémico por país a partir de su propio indicador puede complementarse con el indicador regional fortaleciendo así su carácter prudencial.

Palabras claves: Riesgo Sistémico, Indicador de Riesgo, Estabilidad Financiera, Análisis de Clúster y Componentes Principales.

Clasificación JEL: G12,G19,C38

*Economista en la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano.

†Se agradecen a Angie Madrigal, estudiante en práctica en la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario por su asistencia en la búsqueda de datos, a los miembros del Grupo de Estabilidad Financiera Regional y de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano por sus comentarios, en especial a Juan Izaguirre. Las ideas y opiniones en el presente documento de trabajo no necesariamente corresponden a las del Consejo Monetario Centroamericano (CMCA) o sus miembros. Los errores u omisiones son responsabilidad exclusiva de su autor.



1 Introducción

De acuerdo a Freixas, Laeven y Peydró (2015), el riesgo sistémico es la amenaza sobre la estabilidad financiera capaz de perjudicar el funcionamiento de una parte esencial en el sistema financiero con efectos adversos y severos en el sector real. Por tanto, las políticas macroprudenciales tienen como objetivo mitigar ese riesgo. Sin embargo, la medición de ese objetivo de política es una tarea difícil, razón por la cual no se dispone de una única metodología para ese fin.

Disponer de una medida sobre el riesgo sistémico resulta importante por dos razones: primero, porque hace posible evaluar el cumplimiento del objetivo de las políticas macroprudenciales; y segundo, porque brinda a dichas políticas la posibilidad de anticipar un evento de crisis financiera. Adicionalmente, en la medida de que la estabilidad financiera sea un bien público que traspasa fronteras, la metodología diseñada para medir el riesgo sistémico en un país debería contar con la flexibilidad de hacerse extensiva a otros.

En el presente trabajo se propone una metodología que permite obtener una medición del riesgo sistémico, con la capacidad de evaluar en el tiempo, tanto a nivel de país como a un conjunto de países, la condición de estabilidad financiera y las políticas macroprudenciales, sirviendo a la vez, como un indicador prospectivo en aras de anticipar crisis financieras.

Esta metodología tiene como referencia el trabajo de Cabrera et al. (2014), el cual está elaborado con base en la teoría de portafolio; de manera que cada uno de los diferentes sectores que conformen el indicador de riesgo sistémico (IRS) por país se consideren como activos en riesgo, y de esta forma, al hacer la agregación sectorial, se incluyan las correlaciones entre éstos. Esta metodología tiene la ventaja de que su proceso de agregación puede aplicarse entre países, obteniendo así un indicador regional.

Los resultados de este trabajo muestran que, en primer lugar, en los casos de El Salvador, Guatemala y Honduras, quienes conforman el Triángulo Norte de Centroamérica (TNC),



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

existe justificación para transitar de un indicador por país a uno regional, debido a que sus ciclos crediticios se encuentran sincronizados.

En segundo lugar, con información a mayo 2020, en los tres países el indicador muestra un fuerte incremento en el riesgo, motivado por el componente idiosincrático en su sector externo, cuyo efecto ha sido mayor en el caso de El Salvador. En cuanto a Guatemala, en la actual coyuntura, caracterizada por una Crisis Económica por la Pandemia por COVID-19 (CEP), el incremento del riesgo por efecto de su sector externo se ha reforzado por el aumento en la correlación entre este sector con el resto de la economía, estos efectos combinados son tan altos como los observados durante la Crisis Financiera Mundial de 2008 (CFM). Con respecto a Honduras, en lo que va del 2020, las correlaciones entre los sectores bancario y monetario con respecto al externo han ido en ascenso.

En tercer lugar, el indicador para la región del TNC muestra un riesgo alto, con un fuerte incremento en la correlación entre todos los países, en especial, entre El Salvador y Honduras. Además, éste indicador muestra, durante el mes de abril 2020, una tasa de crecimiento mensual del riesgo entre 1.5 y 8.7 veces superior a la tasa de crecimiento mensual observada por los indicadores por país.

Finalmente, se aprecia que el indicador regional puede ser útil en el análisis del riesgo sistémico elaborado a partir del indicador propio por país. El surgimiento de eventos de estrés idiosincráticos en un país no siempre son claramente advertidos por el indicador de los otros países, sin embargo, el indicador regional si lo advierte, fortaleciendo el carácter prudencial del análisis.

La metodología propuesta resulta novedosa para la región conformada por los países de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. Si bien, algunos de esos países utilizan otra metodología basada, por ejemplo, en aplicar componentes principales; la particularidad de la aquí propuesta es que incluye un proceso especial de agregación, el cual le otorga tres ventajas sobre las metodologías existentes en la región. La primera,



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

es que considera de manera explícita el efecto idiosincrático definido por cada uno de los sectores. La segunda, es que el efecto combinado que resulta de la correlación entre sectores es variante en el tiempo. Y finalmente, como se ha señalada antes, puede ser aplicada entre países a efecto de medir el riesgo sistémico a nivel regional.

El presente trabajo se organiza en cinco secciones adicionales a esta introducción. En la siguiente es presentada la metodología para la construcción del IRS, seguido por el modelo usado para aplicar esta metodología a los países que constituyen el TNC, continuando con la evidencia que justifica transitar hacia un indicador regional, mostrando luego los resultados y las conclusiones.

2 Metodología

La metodología para la elaboración del IRS se basa en el trabajo de Cabrera et al. (2014). Ésta es descrita con el apoyo de la figura 1 partiendo de la identificación de tres elementos: los insumos señalados en color amarillo, los procesos en violeta y los productos en verde.

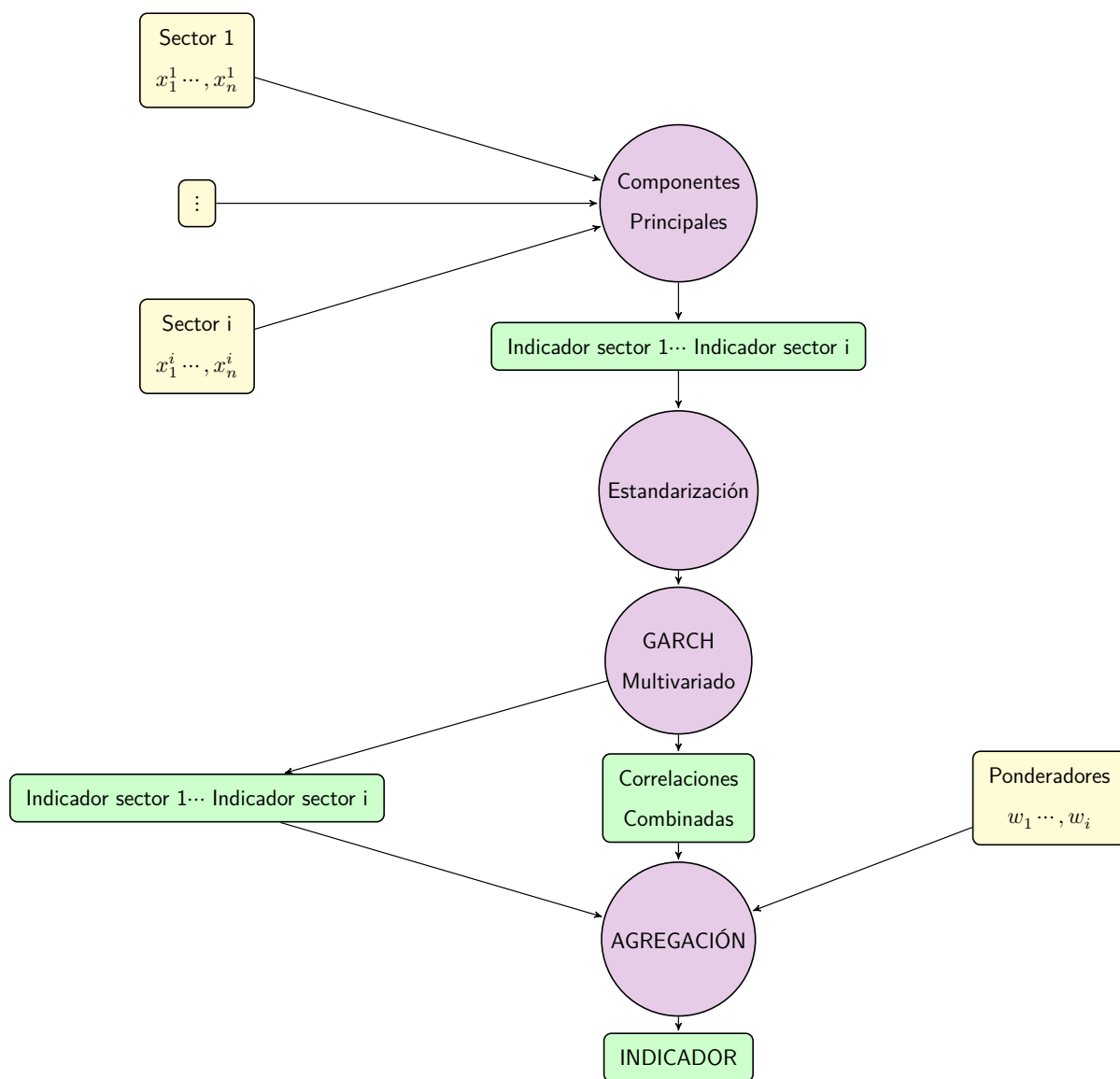
En el caso de los insumos lo constituyen, en primer lugar, el conjunto de datos (series de tiempo) agrupados dentro de los “i” sectores que componen el indicador; y en segundo lugar, un vector con “i” ponderadores (w_i) con el cual a partir del juicio experto, con respecto a la importancia del riesgo en cada sector sobre la economía, se le asigne a éstos un determinado peso dentro del indicador.

En cuanto a los procesos, esta metodología contiene cuatro, los que a continuación son explicados en orden de prelación según intervienen en la obtención del indicador.

1. **Análisis de componentes principales.** Ésta es una técnica estadística utilizada con el objeto de reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos a partir de alcanzar las mayores representaciones de la varianza total de todos ellos. Este proceso selecciona el factor definido por el primer componente con el cual se construye una

serie representativa de cada sector. La intuición de este proceso es que cada sector se concentra en un mercado particular, por tanto, uno de los principales factores que explica los comovimientos entre los datos agrupados por sector está relacionado con eventos idiosincráticos y de estrés sistémicos.

Figura 1: Descripción de la metodología para la obtención del indicador de riesgo sistémico



Fuente: Elaboración propia.

2. **Estandarización de los indicadores por sector.** Este proceso tiene el fin de homogenizar la escala de valores de cada uno de los indicadores representativos por sector que componen la medida de riesgos sistémico; ubicando estos valores en una escala entre cero y uno, lo que a su vez facilita su interpretación. En efecto, cuanto el valor se acerca a uno, mayor es el riesgo en ese sector. Para ello se aplica la fórmula dada por la ecuación 1, la cual hace una transformación logística de la serie obtenida para el sector “i” tras aplicar el proceso 1.

$$y_t^i = \frac{e^{s_t^i}}{1 + e^{s_t^i}} \quad (1)$$

Donde: y_t^i es el indicador del sector i estandarizado, s_t^i corresponde a la serie obtenida para el sector “i” por el proceso 1 y e corresponde a la constante base del logaritmo natural.

3. **Aplicación de un GARCH Multivariado.** Como se muestra en Engle (2000), un modelo GARCH Multivariado consiste en un vector de variables aleatorias especificado de forma autorregresiva tanto para sus medias como para sus varianzas condicionales. La estructura de ese modelo está dada por:

$$Y_t = C + \epsilon_t \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=q}^q \alpha_j \epsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (3)$$

$$\epsilon_t = H_t^{\frac{1}{2}} \nu_t, \quad \nu_t | \nu \sim N(0, I_i) \quad (4)$$

Donde: Y_t y σ_t^2 son los vectores en su orden de los “i” indicadores sectoriales y sus varianzas.

Es de notar que en el modelo anterior, C representa el vector con las esperanzas incondicionales de los procesos, en tanto α_0 representa el vector con los valores medios

de las varianzas sobre las cuales se generan las expectativas¹, las cuales se ven afectadas por dos componentes:

- $\sum_{j=q}^q \alpha_j \epsilon_{t-j}^2$ las innovaciones sobre las volatilidades que se producen hasta q períodos anteriores, conocido como proceso ARCH, y
- $\sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$ las expectativas sobre las varianzas que se producen hasta p períodos anteriores, conocido como proceso GARCH.

La importancia en la aplicación de un modelo GARCH Multivariado para la obtención del IRS viene dado por la matriz de covarianzas (H_t) que aparece en la ecuación 4. A partir de esa matriz se deducen las covarianzas condicionales entre las innovaciones de los “i” indicadores que constituyen dicha medida de riesgo, obteniendo el factor con el cual se calcula el efecto combinado entre cada par de sectores².

4. **Agregación.** El último proceso tiene el objetivo de sintetizar en un solo indicador las diferentes medidas que se tienen por sector junto con los efectos combinados entre cada par de sectores. Esta agregación sigue la teoría de portafolio, donde se define su riesgo como la suma del riesgo de cada activo que lo constituye y de la adición de la covarianza entre cada pareja de ellos. La expresión formal del IRS es:

$$IRS_t = \sqrt{(w \circ Y_t) \hat{R}_t (w \circ Y_t)'} \quad (5)$$

Donde: IRS_t es el indicador de riesgo sistémico, w es el vector de ponderadores que de acuerdo al “juicio experto” le asigna un determinado peso a cada uno de los “i” sectores. Y_t es el vector de los “i” indicadores por sector, \hat{R}_t es la matriz de covarianza variable en el tiempo deducida con el propósito de obtener el efecto combinado entre dos sectores, y $(w \circ Y_t)$ es el producto de Hadamard³ entre w y Y_t .

¹ Siguiendo a Rosende (2000), este tipo de expectativas son conocidas como históricas o adaptativas.

² Para una mejor comprensión del modelo GARCH Multivariado, particularmente, la especificación Correlación Condicional Dinámica ver el anexo 4.3. en Cabrera et al. (2014).

³ Operación binaria que toma dos matrices de las mismas dimensiones y produce otra, en la que cada elemento correspondiente a la tupla (i,j) es el producto de los elementos de las tuplas (i,j) de las dos matrices originales.



3 Modelo para la aplicación de la metodología en los países del TNC

En la elaboración del IRS por país se consideran cuatro sectores. El primero, el bancario⁴, se centra en el ciclo y riesgo del crédito, cuyas mediciones son obtenidas aplicando el filtro Hodrick Prescott de una cola sobre el crédito⁵ y sobre el indicador de calidad por mora (ICM)⁶. Adicionalmente, para los casos de El Salvador y Guatemala, en ese sector se incluye una variable de liquidez del sistema bancario, el Gap de fondeo sobre activo (GFA)⁷, con el objeto de que el primer componente principal se correlacione positivamente con episodios de mayor riesgo de crédito, lo cual acontece en esos países, en períodos de menor liquidez los que a su vez ocurren durante fases recesivas de sus ciclos del crédito.

En el caso de Honduras, el primer componente principal se relaciona directamente con el riesgo, y particularmente, con el auge del crédito; este último hecho hace que la inclusión de episodios de menor liquidez resulte redundante por su alta correlación con las fases expansivas del ciclo del crédito.

El segundo sector es el de vivienda; de manera similar al primero son incluidas variables sobre el ciclo y riesgo del crédito, además en el caso de Guatemala, por la misma razón que la indicada en la descripción del primer sector, se incluye una variable de liquidez. Es de destacar que en todos los países, el primer componente principal está directamente relacionado con el aumento en el riesgo del crédito y con el ciclo recesivo de éste.

El tercer sector, el monetario, considera para todos los países una variable que recoge el diferencial entre una tasa de interés interna y externa, con el fin de medir la estrechez u holgura en el mercado monetario interno. Esta variable se calcula descontando la tasa en

⁴De acuerdo a Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (2020b) en los países del TNC los activos del sistema bancario representan en torno al 80.0% de los activos en sus sistemas financieros.

⁵En el anexo A3 se explica ese procedimiento y se muestran cada una de las series utilizadas.

⁶El ICM corresponde al ratio crédito vencido a crédito total.

⁷El GFA es definida como la razón entre la diferencia de la cartera de créditos y depósitos sobre los activos del sistema bancario.



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

el mercado secundario de los bonos a 6 meses del tesoro de los Estados Unidos (EUA) a la tasa promedio ponderada de los préstamos otorgados por los sistemas bancarios de los países del TNC.

En los casos de Guatemala y Honduras, se consideran también la variación en sus tasas de política monetaria así como el índice de volatilidad en el Chicago Board Options Exchange (VIXCLS); lo anterior permite que el primer componente principal se encuentre negativamente correlacionado a la variación de la tasa de política en momentos con mayor incertidumbre financiera global y en los que el spread entre tasas internas y externa sea mayor; esto último ocurre por las rigideces en las tasas que caracterizan los sistemas bancarios del TNC, en el que pocos bancos gozan de una posición dominante.

En el caso de El Salvador, además del spread de tasas, se incluye la volatilidad en el rendimiento hasta siete días plazo en el mercado de reportos obtenido a partir de un modelo GARCH⁸. El spread de tasas como la volatilidad en el rendimiento de reportos se encuentran directamente correlacionadas al primer componente principal, debido a que ambas series se incrementan en períodos de estrés.

Finalmente, el cuarto sector es el externo. En todos los países se incluyen el índice de bonos de mercados emergentes (EMBI por su siglas en inglés) y un índice de precios de una cesta de productos de exportación pertinentes para el TNC, la cual se constituye por café y azúcar⁹. Adicionalmente, en los casos de Guatemala y Honduras se incorpora el crecimiento interanual del ingreso por remesas; mientras que en El Salvador, se consideran el crecimiento interanual de las exportaciones y la volatilidad de las remesas obtenida a través de un modelo GARCH¹⁰.

En El Salvador la volatilidad de las remesas se encuentra positivamente correlacionada

⁸En el anexo A.4 se muestra el resultado de la estimación del modelo GARCH para el rendimiento de reportos.

⁹En el anexo A.5 se muestra el procedimiento para la obtención de ese índice.

¹⁰En el anexo A.4 se muestra el resultado de la estimación del modelo GARCH para el crecimiento interanual de las remesas.



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

con períodos de estrés, revelando, en cierta medida, episodios exógenos a los económicos tales como desastres naturales, en los que el motivo altruista de las personas que envían remesas determina un considerable incremento de ese flujo. Esta situación no se observa en Guatemala y Honduras, por lo que en ambos casos se incluye la tasa de crecimiento interanual de las remesas, variable negativamente correlacionada con períodos de estrés.

Por otro lado, el crecimiento de las exportaciones se observa, en los casos de Guatemala y Honduras, fuertemente correlacionado con el crecimiento de las remesas, siendo por tanto, la primera variable redundante. En el caso de El Salvador, la dinámica de sus exportaciones no se observa fuertemente correlacionada con la volatilidad de sus remesas, debido a que en las ocasiones de estrés en que el motivo altruista se detona, no se producen considerables efectos sobre las exportaciones.

El cuadro 1 resume por sector y país el conjunto de variables consideradas en el cálculo del IRS. Es de destacar que para la obtención del indicador por país son requeridas hasta un máximo de 13 variables. Además, en el cuadro se muestra el peso que con base en el juicio sobre la importancia que tiene el riesgo en cada sector en las economías del TNC, se le asigna a éstos dentro de cada indicador.

En efecto, los países del TNC son economías abiertas, con fuerte participación de las remesas dentro de sus cuentas corrientes, y con bancos cuyos activos representan el 80% de los activos totales de sus sistemas financieros; por ello, ambos sectores se consideran los más importantes dentro del indicador, ponderando a cada uno en 35%.

En Guatemala y Honduras, el sector monetario se pondera en 15%; para El Salvador ese sector se considera, relativamente, de mayor riesgo, debido a ser una economía dolarizada, y por tanto, sin la disposición de herramientas para mitigar episodios de estrés de liquidez, por ello su ponderador es del 20%.

Cuadro 1: Variables representativas y pesos asignados en la elaboración del indicador por sector y país del TNC⁺

Sector	El Salvador	Guatemala	Honduras
1. Bancos	PESO 0.35% Gap de crédito [†] Gap del ICM ^{††} Gap de fondeo sobre activo (GFA) ^{†††}	PESO 0.35% Gap de crédito Gap del ICM GFA	PESO 0.35% Gap de crédito Gap del ICM GFA
2. Vivienda	PESO 0.10% Gap de crédito Gap del ICM	PESO 0.15% Gap de crédito Gap del ICM GFA	PESO 0.15% Gap de crédito Gap del ICM
3. Monetario	PESO 0.20% Spread de tasas* Volatilidad en la tasa de reportos**	PESO 0.15% Spread de tasas Variación de la TPM VIXCLS***	PESO 0.15% Spread de tasas Variación de la TPM VIXCLS
4. Externo	PESO 0.35% Exportaciones (exp)**** Volatilidad de las remesas [‡] Índice de precios (IPE) ^{‡‡‡} EMBI ^{‡‡‡‡}	PESO 0.35% Remesas (rem) ^{‡‡} IPE EMBI	PESO 0.35% rem IPE EMBI

Notas: ⁺ Para conocer las fuentes de información consultar el anexo A.1. [†] El Gap de crédito se obtiene conforme la metodología indicada en el Anexo A.3, éste se aplica tanto para el crédito del sector bancario como para el crédito destinado a vivienda. ^{††} El ICM corresponde al ratio crédito vencido a crédito total. El Gap del ICM se obtiene aplicando la misma metodología del caso del Gap de crédito, sus resultados son mostrados en el Anexo A.3. ^{†††} El Gap de fondeo sobre activo es definida como la razón entre la diferencia de la cartera de créditos y depósitos sobre los activos del sistema bancario. * El spread de tasas se obtiene a partir de la diferencia entre la tasa activa de los créditos en moneda nacional y la tasa en el mercado secundario de los bonos a 6 meses del tesoro de los Estados Unidos (EUA). ** La volatilidad de la tasa en el mercado de reportos se obtiene a partir de un modelo GARCH, especificado en el Anexo A.4. *** Índice de volatilidad en el Chicago Board Options Exchange. **** En las exportaciones son consideradas las totales y se utiliza su tasa de crecimiento interanual. [‡] La volatilidad de las remesas se obtiene a partir de un modelo GARCH, especificado en el Anexo A.4. ^{‡‡} Las remesas son consideradas el ingreso y se utiliza su tasa de crecimiento interanual. ^{‡‡‡} El índice de precios que la región exporta está constituido por azúcar y café, el procedimiento para la obtención de ese índice está en el Anexo A.5. ^{‡‡‡‡} El EMBI (Emerging Markets Bonds Index) es la diferencia entre la tasa de interés que pagan los bonos denominados en dólares, emitidos por los gobiernos de los países del TNC, y los bonos del tesoro de EUA.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del sector vivienda, en Guatemala y Honduras, se considera un ponderador del 15%, y en El Salvador del 10%. La asignación de mayor riesgo en los primeros países, podría

justificarse por la alta dolarización de los bienes raíces y del crédito para su adquisición, los que expone a sus sistemas financieros al riesgo de crédito por tipo de cambio.

La elección del juicio experto para la identificación de los ponderadores obedece a ser la alternativa intermedia, entre una parsimoniosa que consiste en asignar un mismo peso por sector, y otra costosa que consiste en deducir los ponderadores tras un proceso de optimización de determinada función de pérdida¹¹.

El cuadro 2 muestra el signo estimado para cada una de las variables que integran cada sector, según su correlación con el primer componente principal identificado. El primer componente principal nos da el indicador del estrés idiosincrático de cada sector y cada una de las variables que integran estos sectores muestran la correlación esperada con ese indicador, siendo la excepción el índice de precios de exportación, la cual se observa, en Guatemala y Honduras, positivamente correlacionada a episodios de estrés¹².

Cuadro 2: Signos estimados entre el indicador por sector y las variables que lo integran*

País	El Salvador	Guatemala	Honduras	País	El Salvador	Guatemala	Honduras
Bancos				Vivienda			
Gap de crédito	-	-	+	Gap de crédito	-	-	-
Gap del ICM	+	+	+	Gap del ICM	+	+	+
GFA	+	+		GFA		+	
Monetario				Externo			
Spread de tasas	+	+	+	Exportaciones	-		
Variación de TPM		-	-	Remesas		-	-
Volatilidad de reportos	+			Volatilidad remesas	+		
VIXCLS		+	+	IPE	-	+	+
				EMBI	+	+	+

Nota: * Para conocer la medición de cada variable consultar el cuadro 1 o los anexos A.1 y A.2.

Fuente: Elaboración propia.

¹¹Un ejemplo de esa alternativa es la sugerida en Kota y Saqe (2012), donde la identificación de ponderadores es el resultado de aplicar mínimos cuadrados ordinarios restringidos, en una regresión entre la tasa de crecimiento económico y el vector de indicadores de riesgo sectorial.

¹²En el Anexo A.6 se presenta una visualización del círculo de correlaciones tras aplicar análisis de componentes principales a cada uno de los sectores de los países del TNC.



4 Evidencia para la disposición de un indicador a nivel del TNC

La metodología presente en este trabajo, cuenta con la ventaja de que en su proceso de agregación sigue la teoría de portafolio, permitiendo no solo agregar los riesgos entre sectores a nivel de país, sino también agregar los riesgos entre países a nivel de región. En efecto, un valor agregado de este trabajo es transitar hacia una medida de riesgo sistémico regional.

Para corroborar la pertinencia de un IRS regional, se aplica el análisis de clúster, el cual consiste en diferentes técnicas estadísticas avocadas a encontrar similitudes entre individuos, en este caso países, en un conjunto de datos.

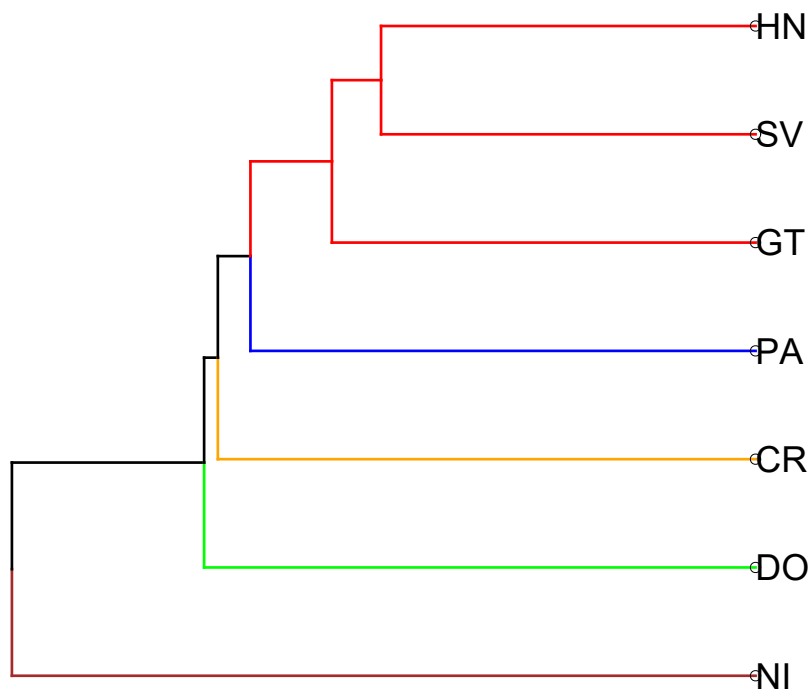
La técnica utilizada en este trabajo es el procedimiento jerárquico aglomerativo, la cual, como se indica en Flynt y Dean (2016), consiste en ir fusionando de manera sucesiva aquel país que muestre mayor similitud a un grupo conformado por las parejas más parecidas entre ellos; de esta manera todos los países se fusionan en un determinado orden dentro de un solo clúster. El orden en que los países se van fusionando se visualiza en un diagrama en forma de árbol conocido como dendrograma.

El procedimiento jerárquico aglomerativo aplicado entre los países de Centroamérica, Panamá y República Dominicana, es obtenido a partir de las series correspondientes a sus respectivos ciclos del crédito. Este ciclo se mide aplicando la metodología para el cálculo del Gap de crédito como se indica en Banco de Pagos Internacionales (BIS) (2010) y Ortiz (2018). Los datos son obtenidos de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (2020a) y corresponden al período enero 2008 a junio 2019.

La figura 2, muestra el dendrograma, en él se identifica, en un primer orden, un clúster entre El Salvador y Honduras y en un segundo orden, la integración de Guatemala con ese primer clúster. Lo anterior señala la fuerte sincronización que existe en el mercado de

crédito entre los países del TNC, por lo que se justifica anidar su condición de estabilidad financiera en un solo indicador.

Figura 2: Identificación de cluster jerárquico aglomerativo según la evolución en el ciclo del crédito.



Nota: CR, DO, GT, HN, NI, PA y SV corresponden a los acrónimos de Costa Rica, República Dominicana, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y El Salvador respectivamente.

Fuente: Elaboración propia con base en Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (2020a).

5 Resultados

El valor del IRS se encuentra en una escala entre cero y uno, ello por ser el resultado de la raíz cuadrada de una suma ponderada entre medidas sectoriales (componentes idiosincráticos) y el producto de cada par de ellas (componentes combinados), medidas las cuales están estandarizadas a partir de una transformación logística; de manera que, cuando el IRS se aproxima a su cota superior, mayor es el riesgo señalado por el indicador.



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

Si bien para cada uno de los países como para la región, la serie del IRS muestra la evolución del riesgo a través del tiempo, el análisis de su nivel debe hacerse de forma individual y en función a su historia, evitando comparar determinado nivel de IRS entre países o entre países con el de la región. En efecto, para todos los países el IRS está construido a partir de índices sectoriales, los cuales son identificados a través del análisis de componentes principales de un conjunto de series que para cada país tienen diferentes procesos (media y varianza).

Por lo anterior, una alternativa para realizar comparaciones entre IRS, es aplicar el procedimiento de mapa de riesgo o calor (Ortiz (2019)). Éste consiste en deducir por cada IRS su respectiva función de distribución acumulada empírica, a partir de la cual se asigne a cada valor que tome el indicador un determinado color con el que se identifique el riesgo según el cuantil en que dicho valor se ubique. El rango de colores se define de verde a rojo de acuerdo al ascenso en el cuantil dado por esa distribución.

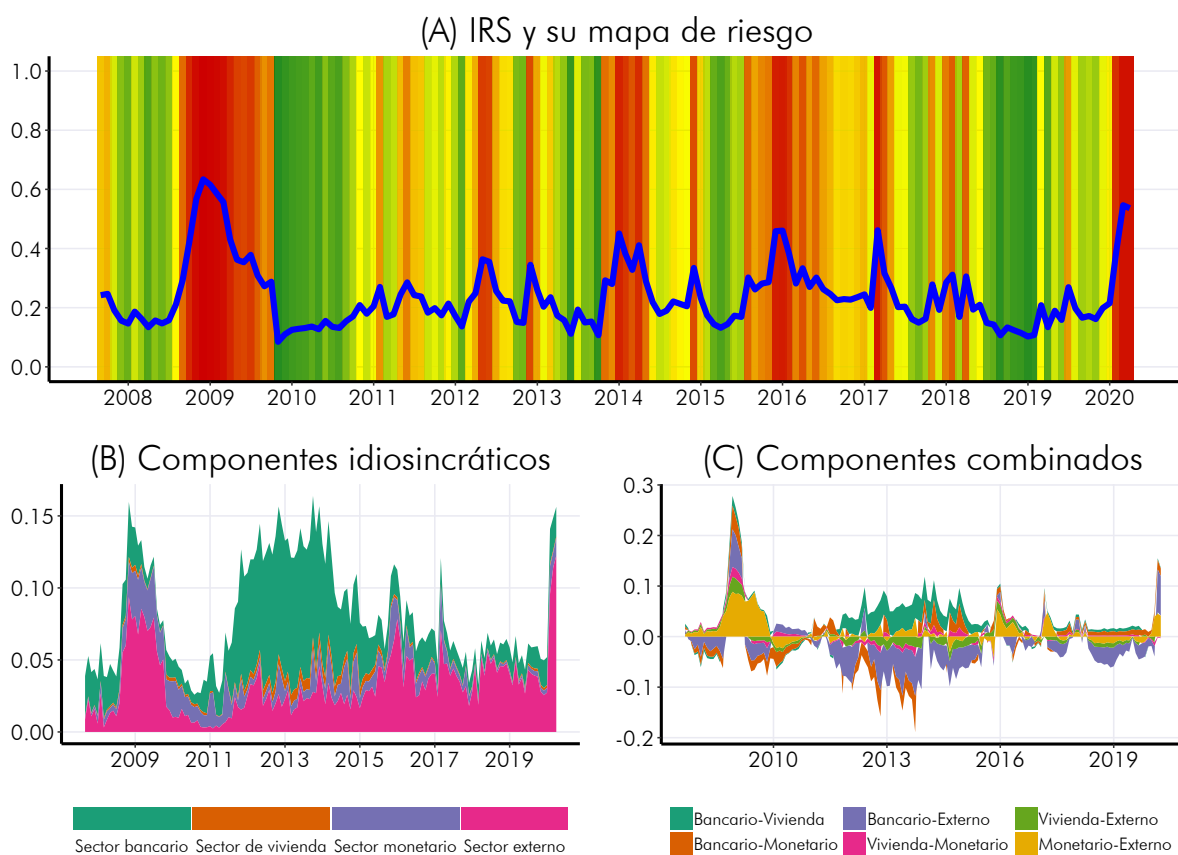
Las figuras 3, 4 y 5 muestran en el panel A, el IRS y su mapa de riesgo para los tres países del TNC. Todos los indicadores se encuentran en frecuencia mensual y corresponden al período octubre 2007 a mayo 2020. Por tanto, los indicadores contemplan el período en el que acontece la CEP, por lo que el análisis a continuación, enfatiza el comportamiento de éstos en dicha coyuntura.

En El Salvador, de acuerdo con su última observación, el IRS señala un riesgo alto, el incremento en el riesgo se presenta en el mes de marzo, sin embargo en mayo se aprecia una leve reversión (ver figura 3 A).

Por su parte, el panel B y C de la figura 3, muestran en su orden, la evolución de los componentes idiosincráticos y combinados del IRS. Con respecto al primero, se aprecia que el incremento en el riesgo acontecido a partir de marzo se explica por el sector externo, el cual en los últimos años, ha tenido mayor incidencia dentro del indicador, además el incremento del riesgo idiosincrático en ese sector supera, en el período de la CEP, al

acontecido durante la CFM, no así el riesgo idiosincrático del sector monetario, el cual se ha mantenido bajo. En cuanto al segundo, se aprecia como las correlaciones entre sectores, las cuales hasta febrero 2020 eran negativas, se revierten en marzo, en mayor medida la pertinente entre el sector bancario y externo.

Figura 3: El Salvador: Evolución del indicador de riesgo sistémico (IRS), su mapa de riesgo y sus componentes.



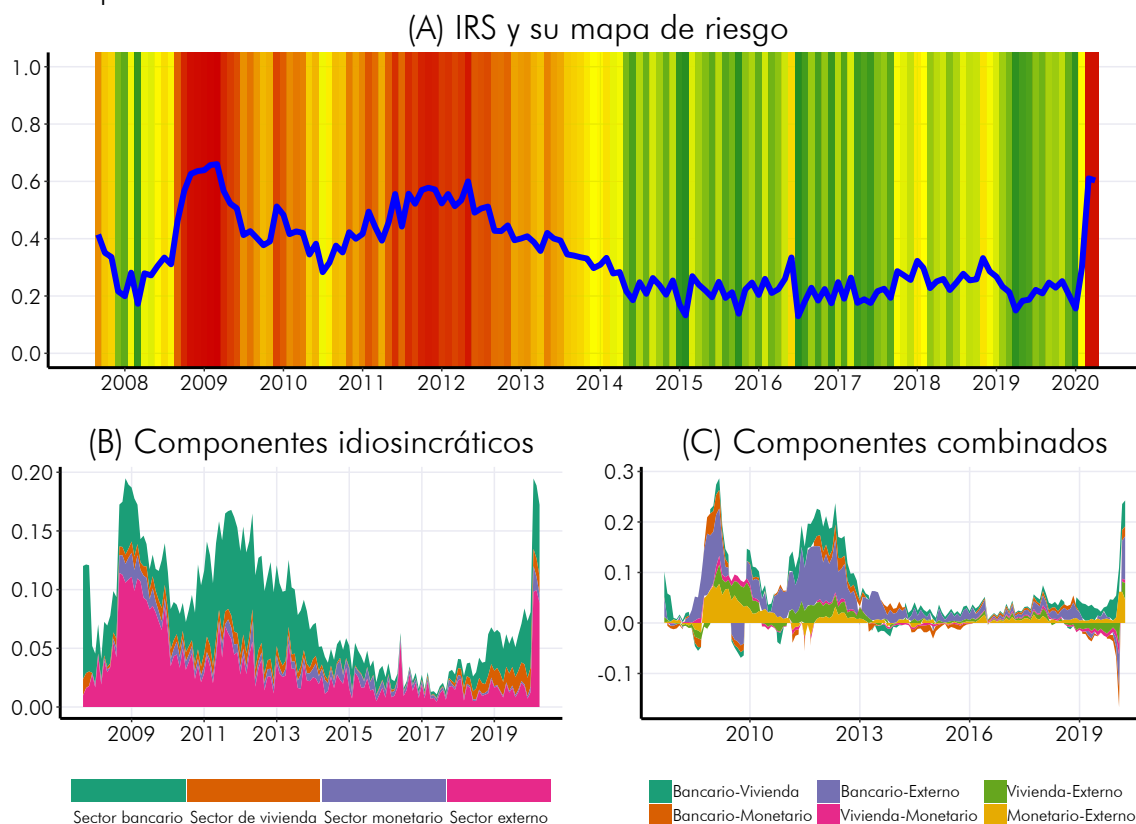
Nota: El mapa de riesgo señala con colores entre el rango verde y rojo el valor del IRS de acuerdo a su ubicación en el cuantil dado por su función de distribución acumulada empírica. El color verde (rojo) se asocia con valores del IRS ubicados en el cuantil inferior (superior) indicando un riesgo bajo (alto).

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de Guatemala, a mayo 2020, el nivel del indicador muestra un riesgo alto, con una tendencia ascendente a comienzo del 2020, la cual se acrecienta en marzo (ver figura 4 panel A) y se estabiliza en mayo. El incremento del riesgo acontecido en marzo

obedece a la situación en su sector externo (ver figura 4 panel B). Es de destacar que desde el último trimestre del 2019 la correlación entre el sector bancario y externo se había reducido de manera importante, al grado de tornarse negativa, sin embargo, a partir de marzo 2020, esa correlación se vuelve positiva, de hecho tanto los efectos combinados como idiosincráticos se observan, durante el período de la CEP, tan altos como en la CFM (ver figura 4 panel C).

Figura 4: Guatemala: Evolución del indicador de riesgo sistémico (IRS), su mapa de riesgo y sus componentes.

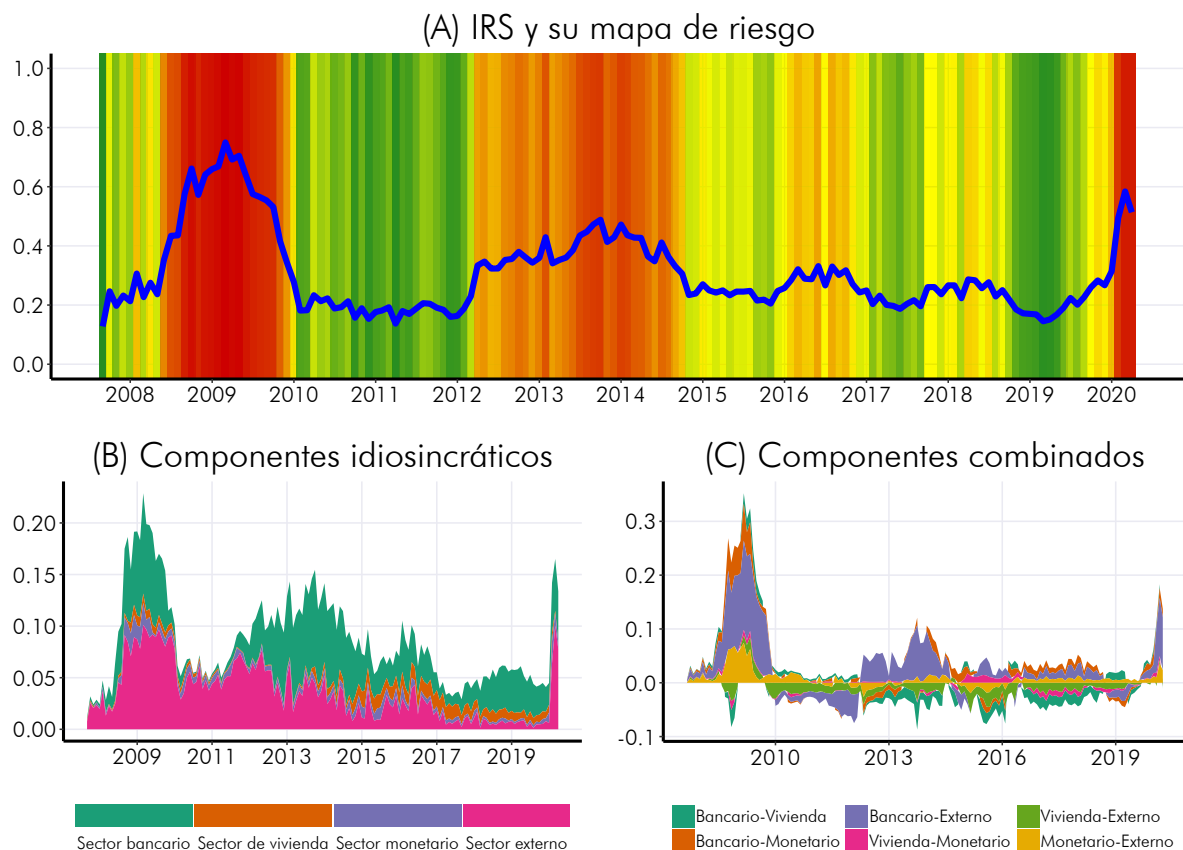


Nota: El mapa de riesgo señala con colores entre el rango verde y rojo el valor del IRS de acuerdo a su ubicación en el cuantil dado por su función de distribución acumulada empírica. El color verde (rojo) se asocia con valores del IRS ubicados en el cuantil inferior (superior) indicando un riesgo bajo (alto).

Fuente: Elaboración propia.

A mayo 2020, el IRS para Honduras señala un riesgo alto, advirtiendo una tendencia ascendente en marzo y abril y una reversión de esa tendencia en mayo (ver figura 5 panel A). En efecto, el componente idiosincrático dado por el sector externo se ha incrementado, en similar cuantía que lo acontecido durante la CFM (ver figura 5 panel B). En cuanto a los componentes combinados, todos muestran, en el período de CEP, una correlación positiva, sin embargo, no han alcanzado el nivel observado durante la referida crisis financiera (ver figura 5 panel C).

Figura 5: Honduras: Evolución del indicador de riesgo sistémico (IRS), su mapa de riesgo y sus componentes.

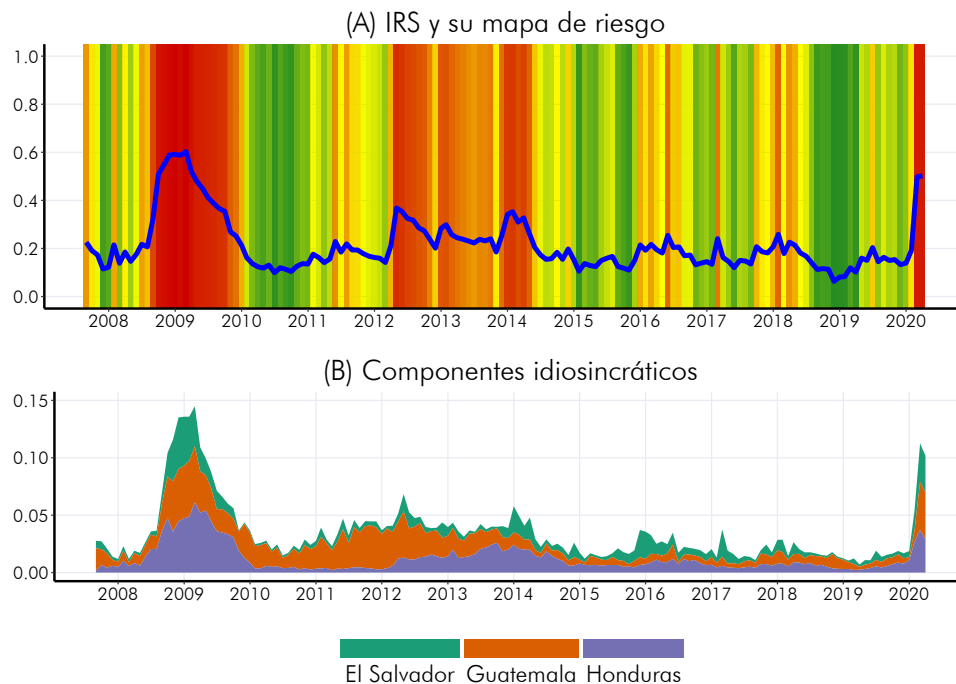


Nota: El mapa de riesgo señala con colores entre el rango verde y rojo el valor del IRS de acuerdo a su ubicación en el cuantil dado por su función de distribución acumulada empírica. El color verde (rojo) se asocia con valores del IRS ubicados en el cuantil inferior (superior) indicando un riesgo bajo (alto).

Fuente: Elaboración propia.

La figura 6 panel A por su parte, muestra la evolución del IRS y su mapa de riesgo pertinente al TNC, el cual para su construcción, se le asigna un mismo peso por país. Un resultado destacable en la disposición del indicador a nivel regional es que en los momentos más álgidos de estrés sistémico, como los observados durante la CFM y la CEP, éste muestra incrementos más fuertes que los experimentados por los indicadores por país. Ello podría interpretarse como que la variación del indicador contiene un efecto amplificado, generado por las externalidades que conlleva la mayor integración entre los mercados financieros de los países del TNC. En efecto, durante los meses de octubre y noviembre 2008, la tasa de crecimiento intermensual del indicador regional fue entre 1.1 y 4.0 veces superior a la tasa experimentada por los indicadores a nivel de país; mientras en abril 2020, esa diferencia fue entre 1.5 y 8.7 veces.

Figura 6: TNC: Evolución del indicador de riesgo sistémico y sus componentes idiosincráticos.



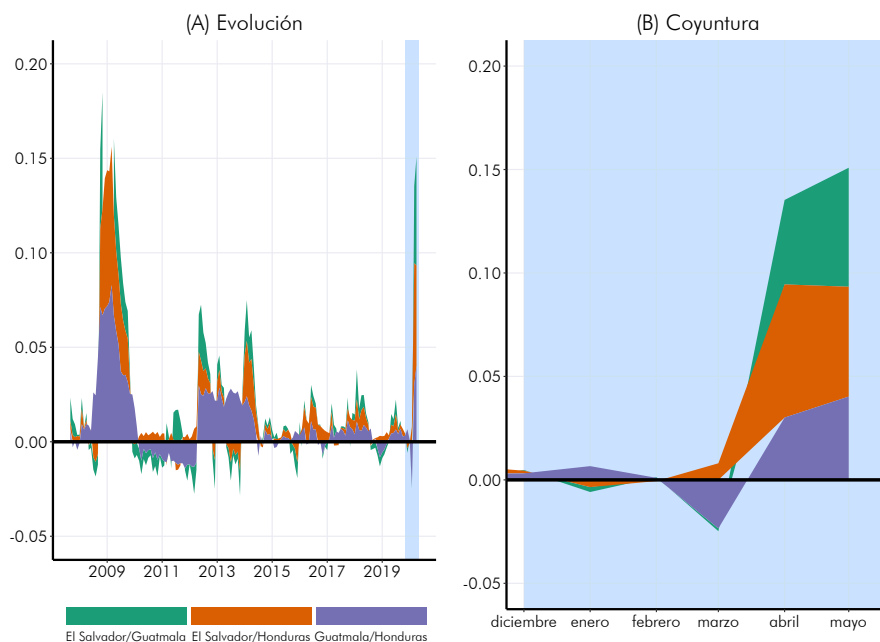
Nota: El mapa de riesgo señala con colores entre el rango verde y rojo el valor del IRS de acuerdo a su ubicación en el cuantil dado por su función de distribución acumulada empírica. El color verde (rojo) se asocia con valores del IRS ubicados en el cuantil inferior (superior) indicando un riesgo bajo (alto).

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los componentes idiosincráticos del indicador regional (figura 6 panel B), se aprecia en la coyuntura de la CEP, a El Salvador como el país que aporta la mayor contribución al riesgo, país el cual mostraba la menor contribución en los meses previos a marzo 2020.

La figura 7 muestra la contribución de los componentes combinados en el IRS para el TNC, el panel A señala su evolución, mientras que el B se centra en el período de la CEP. En el primer panel se aprecia que los componentes combinados se refuerzan entre ellos aumentando así su contribución al IRS regional, teniendo éstos en mayo 2020 la mayor contribución al indicador desde la CFM. En el segundo panel se destaca que el componente combinado con mayor contribución al riesgo durante esta coyuntura es entre El Salvador y Honduras, debido a que, desde antes de las políticas de confinamiento domiciliario y suspensión de actividades, y con mayor fuerza durante éstas, el sector bancario en estos países ha estado más sincronizado.

Figura 7: TNC: Evolución y coyuntura pertinente el confinamiento domiciliario y suspensión de actividades por la pandemia de los componentes combinados del indicador de riesgo sistémico.

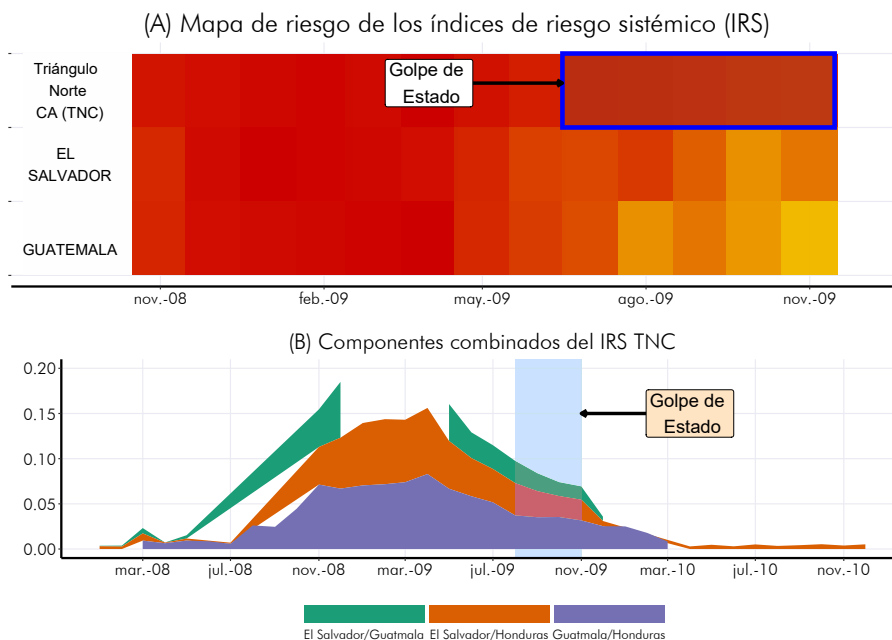


Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la disposición de un IRS del TNC aporta una ventaja adicional al análisis concentrado en un país con base en su propio indicador. Y es que permite, a través del mapa de riesgo del IRS del TNC, observar ciertos hechos idiosincráticos en alguno de los otros países, los cuales no se logran advertir en el propio mapa de riesgo del país sujeto de análisis. Estos hechos podrían tener efectos sobre el riesgo sistémico regional, transmitiéndose entre países por la alta integración de sus mercados.

Un primer ejemplo de lo anterior, es la situación de estrés detonada por el golpe de Estado en Honduras en junio 2009. Este hecho sucede en el momento en que las economías estaban saliendo de la CFM, como se observa en la figura 8 panel A, iniciando un período de recuperación. No obstante, el mapa de riesgo del IRS del TNC se mantenía señalando un alto riesgo, no solo por el componente idiosincrático de Honduras, sino también por los componentes combinados entre Honduras con el resto de países; esto último se aprecia en la figura 8 panel B, a partir de la ralentización que tiene la disipación del estrés sistémico detonado por la CFM.

Figura 8: Mapa de riesgo de los Índices de Riesgo Sistémico (IRS) y componentes combinados del IRS del TNC durante la coyuntura del Golpe de Estado en Honduras.

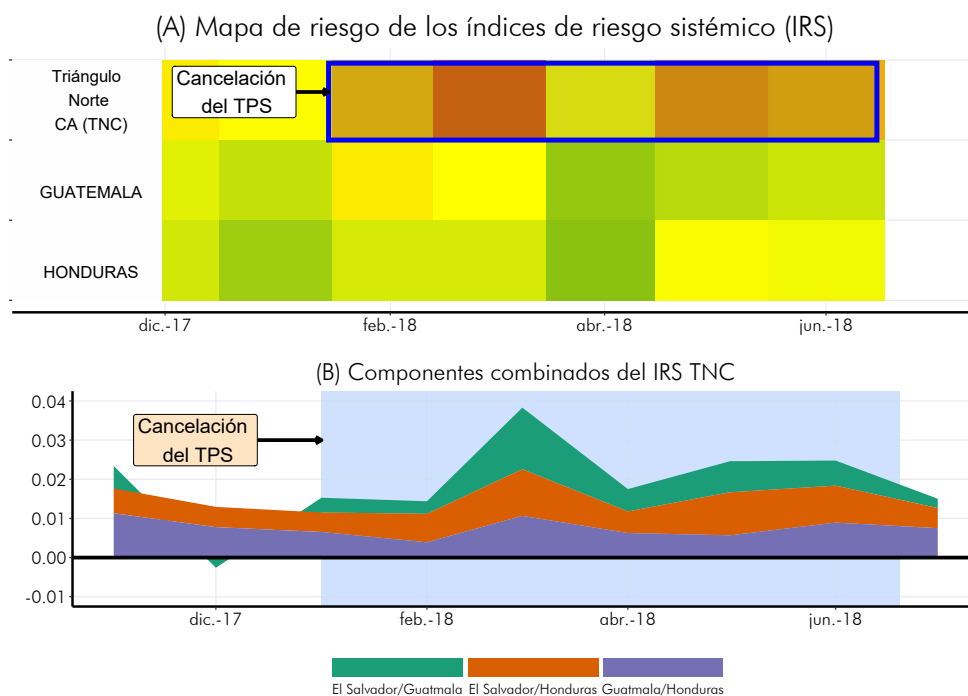


Fuente: Elaboración propia.

Un segundo ejemplo, es lo acontecido luego del anuncio del gobierno de EUA sobre la cancelación del permiso temporal de trabajo (TPS por sus siglas en inglés) para los salvadoreños, hecho ocurrido en enero 2018. Ante esta situación, el IRS de Guatemala y Honduras no muestran considerables incrementos, como si se observa en el indicador del TNC (ver figura 9 panel A). En efecto, el incremento en el riesgo en el indicador regional, no solo responde al componente idiosincrático en El Salvador, sino también, a los componentes combinados entre El Salvador con el resto de países (ver figura 9 panel B).

Los ejemplos anteriores, sugieren que, realizar un análisis por país con base en su propio indicador y complementarlo con el análisis del indicador regional, podría dotar a esa práctica con un mayor enfoque prudencial.

Figura 9: Mapa de riesgo de los Índices de Riesgo Sistémico (IRS) y componentes combinados del IRS del TNC durante la coyuntura tras el anuncio de la cancelación del permiso temporal de trabajo de salvadoreños en EUA (TPS).



Fuente: Elaboración propia.



6 Conclusiones

En este trabajo se presenta una propuesta metodológica para la medición del riesgo sistémico. Medir el riesgo sistémico es crucial en las tareas de seguimiento a la estabilidad financiera y evaluación de políticas macroprudenciales.

Esta metodología destaca por incluir un proceso de agregación de riesgos por sector, el cual considera el riesgo idiosincrático y el que resulta por la sinergia entre ellos. La característica anterior, le otorga a esta metodología, la ventaja de poderse aplicar en la medición de riesgo a nivel regional, haciendo la agregación de los riesgos por país.

Tras aplicar esta metodología para cada uno de los países del TNC, se elabora un IRS regional, el cual muestra, durante los momentos más álgidos de las crisis como en las CFM y CEP, mayores incrementos en el riesgo al compararse con su contraparte elaborados a nivel de país.

El resultado anterior, evidencia que, en el TNC existe un riesgo sistémico generado por la integración de sus mercados financieros. Esta evidencia es un incentivo para disponer de espacios en los que, los hacedores de política en materia macroprudencial en los países del TNC, puedan coordinar esfuerzos.

Adicionalmente, en la actual coyuntura, es de suma utilidad disponer de un indicador regional. El análisis de éste complementa al que se elabora a partir del indicador de cada país, evaluando de manera más prudente, los efectos de las políticas macroprudenciales implementadas por los países del TNC, tanto las políticas tomados en complemento al confinamiento y suspensión de actividades por el COVID-19, como las que, posiblemente se adopten durante las fases de reapertura y recuperación económica.



Referencias

- Banco Central de Reserva del El Salvador (2020). *Tasas de Interés Bancarias y Rendimiento de Reportos*. URL: <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=63&lang=es> (visitado 13-07-2020).
- Banco de Pagos Internacionales (BIS) (2010). *Countercyclical capital buffer proposal*.
- Cabrera, Wilmar, Jorge Hurtado, Miguel Morales y Juan Sebastián Rojas (2014). *A Composite Indicator of Systemic Stress (CISS) for Colombia*. Borradores de Economía 826. Banco de la Republica de Colombia.
- Engle, Robert F (2000). *Dynamic Conditional Correlation - A Simple Class of Multivariate GARCH Models*. University of California at San Diego, Economics Working Paper Series qt56j4143f. Department of Economics, UC San Diego.
- Federal Reserve Bank of St. Louis (2020a). *6 Month Treasury Bill: Secondary Market Rate*. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/DTB6> (visitado 13-07-2020).
- (2020b). *Economic Data*. URL: <https://fred.stlouisfed.org/> (visitado 13-07-2020).
- Flynt, Abby y Nema Dean (2016). “A Survey of Popular R Packages for Cluster Analysis”. En: *Journal of Educational and Behavioral Statistics* 41.2, págs. 205-225.
- Freixas, Xavier, Luc Laeven y José-Luis Peydró (2015). *Systemic Risk, Crises, and Macroprudential Regulation*. 1ª ed. MIT Press. ISBN: 978-0-262-02869-1.
- J. P. Morgan (2020). *Emerging Markets Bond Index*.
- Kota, V. y A. Saxe (2012). *A financial systemic stress index for albania*. Working Papers 03(42). Bank of Albania.
- Ortiz, Luis (2018). *Requerimiento de Capital Contracíclico y Gap de Crédito en Centroamérica*. Notas Económicas Regionales 97. Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano.
- (2019). *El mapa de calor. Instrumento para identificar vulnerabilidades macroeconómicas en la región*. Notas Económicas Regionales 102. Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano.



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

Rosende, Francisco (2000). *Teoría Macroeconómica. Ciclos Económicos Crecimiento e Inflación*. 1ª ed. Universidad Católica de Chile. ISBN: 956-14-0555-5.

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (2020a). *Estadísticas del sistema bancario*. URL: <http://www.secmca.org/IndB.html> (visitado 13-07-2020).

– (2020b). *Estadísticas monetarias y financieras armonizadas*. URL: <http://www.secmca.org/EMFA.html> (visitado 13-07-2020).

– (2020c). *SIMAFIR- Base de Datos Macroeconómicas*. URL: <http://www.secmca.org/simafir.html> (visitado 13-07-2020).

A ANEXOS

A.1 Datos y fuentes utilizadas

Cuadro A.1: Datos y fuentes utilizadas

Datos [†]	Acrónimos	Fuentes
Saldo de crédito bancario al sector privado por país en el TNC	L_t	SECMCA (2020a)
Cartera vencida del sistema bancario por país en el TNC	M_t	SECMCA (2020a)
Saldo de depósitos bancarios por país en el TNC	DEP_t	SECMCA (2020a)
Activo total del sistema bancario por país en el TNC	A_t	SECMCA (2020a)
Saldo de crédito bancario a vivienda por país en el TNC	LV_t	SECMCA (2020a)
Cartera vencida para vivienda del sistema bancario por país en el TNC	MV_t	SECMCA (2020a)
Tasa de interés activa en moneda nacional por país en el TNC	i_t	SECMCA (2020a)
Tasa en el mercado secundario de bonos a 6 meses del tesoro EUA	i_t^{EUA}	Federal Reserve Bank of St. Louis (2020a)
Rendimiento de reportos en El Salvador (7 días plazos)	$Repo_t$	Banco Central de Reserva del El Salvador (2020)
Tasa de política monetaria en Guatemala y Honduras	TPM_t	SECMCA (2020c)
Ingresos por remesas mensual por país en el TNC	REM_t	SECMCA (2020c)
Exportaciones totales mensual de El Salvador	EXP_t	SECMCA (2020c)
Índice de precios al consumidor de El Salvador	IPC_t	SECMCA (2020c)
Precio mundial del azúcar	P_t^{Az}	Federal Reserve Bank of St. Louis (2020b)
Precio mundial del café	P_t^{Ca}	Federal Reserve Bank of St. Louis (2020b)
Índice de volatilidad en el Chicago Board Options Exchange	$VIXCLS_t$	Federal Reserve Bank of St. Louis (2020b)
EMBI	$EMBI_t$	J. P. Morgan (2020)

Nota: [†] Las siglas TNC, SECMCA y EUA se refieren a Triángulo Norte de Centroamérica, Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano y Estados Unidos de América respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

A.2 Descripción de variables utilizadas

Cuadro A.2: Descripción de variables utilizadas

Variabes	Acrónimos	Fórmulas [†]
Gap del crédito al sector privado en El Salvador	Gap_t^{SV}	$Gap_t^{SV} = G(\log(\frac{L_t}{\frac{L_t}{100}}))$
Gap del crédito al sector privado en Guatemala y Honduras	Gap_t	$Gap_t = G(\log(L_t))$
Indicador de calidad por mora	ICM_t	$ICM_t = \frac{M_t}{L_t}$
Gap del indicador de calidad por mora en los países del TNC	Gap_t^{MORA}	$Gap_t^{MORA} = G(ICM_t)$
Gap del crédito a vivienda en El Salvador	$GVIV_t^{SV}$	$GVIV_t^{SV} = G(\log(\frac{LV_t}{\frac{LV_t}{100}}))$
Gap del crédito a vivienda en Guatemala y Honduras	$GVIV_t$	$GVIV_t = G(\log(LV_t))$
Indicador de calidad por mora en vivienda	$ICMV_t$	$ICMV_t = \frac{MV_t}{LV_t}$
Gap del indicador de calidad por mora en los países del TNC	$GVIV_t^{MORA}$	$GVIV_t^{MORA} = G(ICMV_t)$
Gap de fondeo sobre activo en los países del TNC	GFA_t	$GFA_t = \frac{L_t - DEP_t}{A_t}$
Diferencial de tasas internas-externas en los países del TNC	$Premio_t$	$Premio_t = i_t - i_t^{EUA}$
Cambio en la tasa de política monetaria en Guatemala y Honduras	ΔTPM_t	$\Delta TPM_t = TPM_t - TPM_{t-1}$
Volatilidad en el rendimiento de reportos en El Salvador	σ_t^{Repo}	$\sigma_t^{Repo} = H(Repo_t)$
Crecimiento interanual de las remesas en los países del TNC	rem_t	$rem_t = \frac{REM_t - REM_{t-12}}{REM_{t-12}}$
Volatilidad de las remesas en El Salvador	σ_t^{REM}	$\sigma_t^{REM} = H(rem_t)$
Crecimiento interanual de las exportaciones de El Salvador	exp_t	$exp_t = \frac{EXP_t - EXP_{t-12}}{EXP_{t-12}}$
Índice de precios de productos exportados por los países del TNC	IPE_t	$IPE_t = J(P_t^{Az}, P_t^{Ca})$

Notas: [†] las expresiones $G()$, $H()$ y $J()$ representan funciones y son explicadas, en su orden, en los anexos A3, A4 y A5. Los acrónimos Az y Ca corresponde a azúcar y café respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

A.3 Metodología para la obtención del Gap del crédito y del Gap del indicador de calidad por riesgo (ICM)

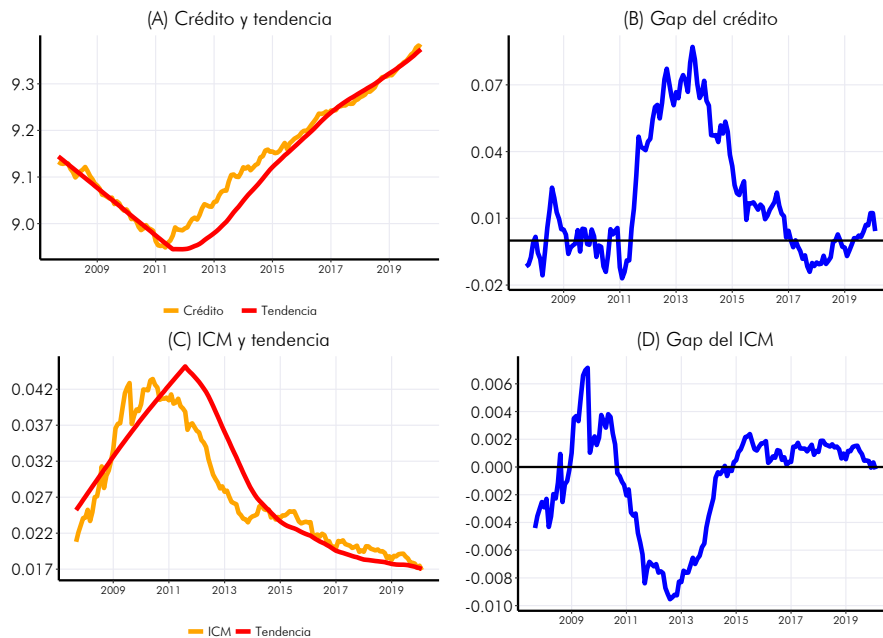
La función $G()$ señalada en el Anexo A2, es el proceso a partir del cual se obtiene el Gap tanto del crédito como del Indicador de Calidad por Mora (ICM). Este proceso consiste en los siguientes pasos:

1. Para cada variable en sus primeras 48 observaciones, se estima la tendencia de largo plazo, aplicando el filtro de Hodrick y Prescott, con un parámetro de suavizamiento (λ) de 129600, parámetro que es el habitualmente usado para variables en frecuencia mensual.
2. Se calcula el Gap de cada variable en sus primeras 48 observaciones, como la diferencia entre el valor de ésta y la tendencia de largo plazo estimada en el paso anterior.
3. Para obtener el Gap del resto de observaciones, de manera sucesiva se va extendiendo la muestra de estimación agregando la siguiente observación. Para cada una de esas muestras, se repite los dos procedimientos precedentes, obteniendo en cada ejecución el dato perteneciente al mismo índice temporal de la observación recién agregada.

Con respecto al primer sector del indicador de riesgo sistémico, en las figuras A1, A2 y A3, se muestran para cada uno de los países de Triángulo Norte de Centroamérica, en el panel A la serie de crédito y su tendencia, en el panel B el Gap del crédito, en el panel C la serie del ICM y su tendencia y en el panel D el Gap del ICM.

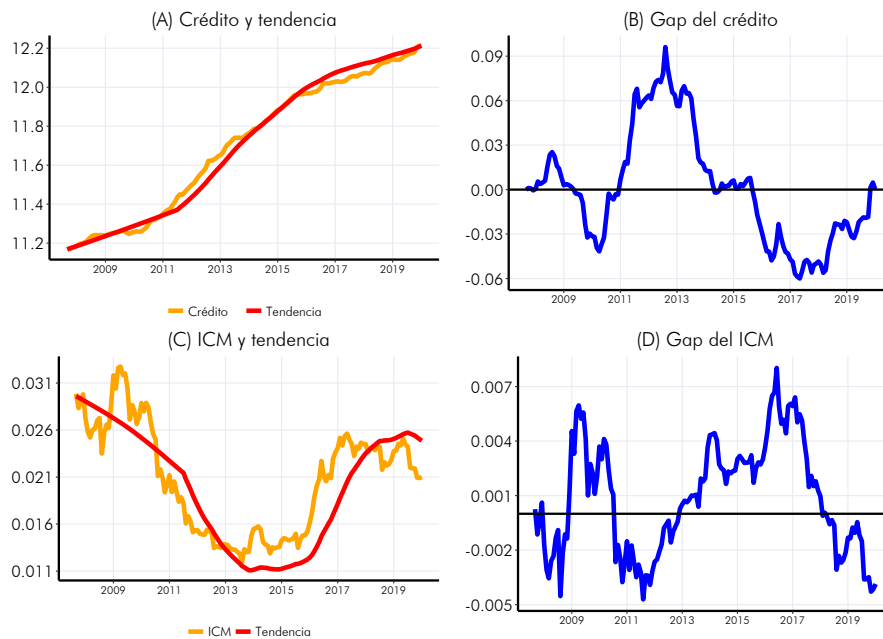
En cuanto al segundo sector, las figuras A4, A5 y A6, muestra por país la serie de crédito a vivienda y su tendencia en el panel A, el gap de crédito a vivienda en el panel B, la serie del ICM a vivienda junto a su tendencia en el panel C, y finalmente, el gap del ICM a vivienda en el panel D.

Figura A.1: El Salvador: Gap del crédito y Gap del ICM en el sector bancario



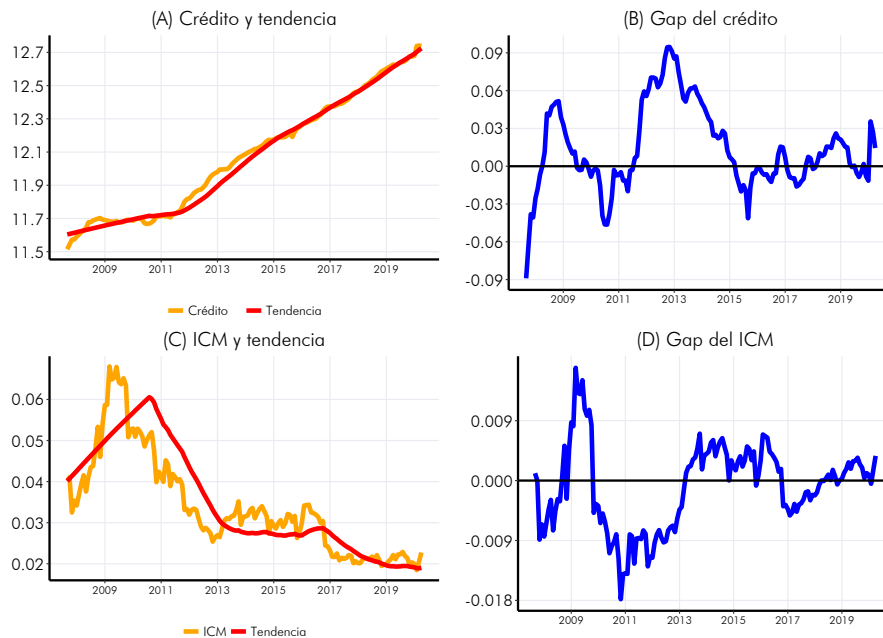
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.2: Guatemala: Gap del crédito y Gap del ICM en el sector bancario



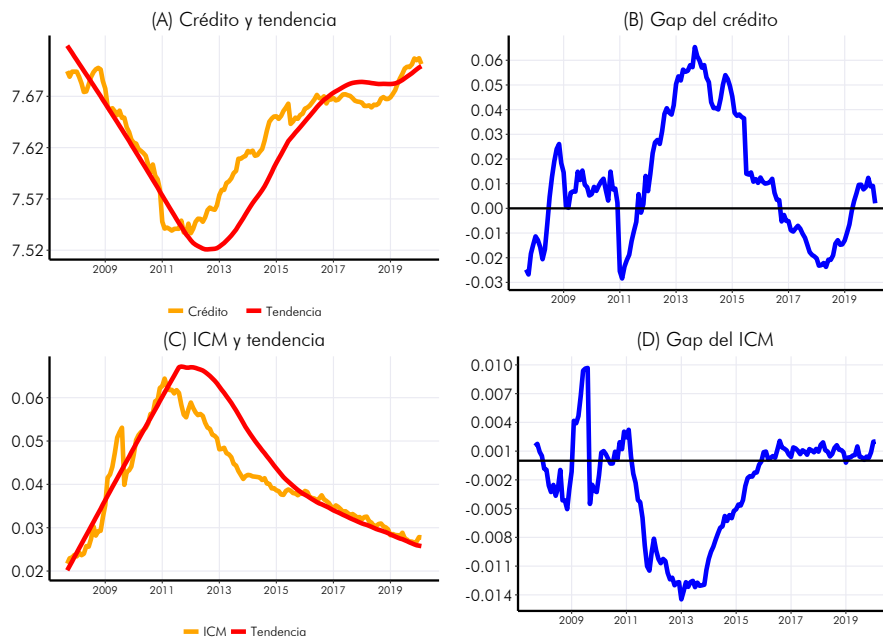
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3: Honduras: Gap del crédito y Gap del ICM en el sector bancario



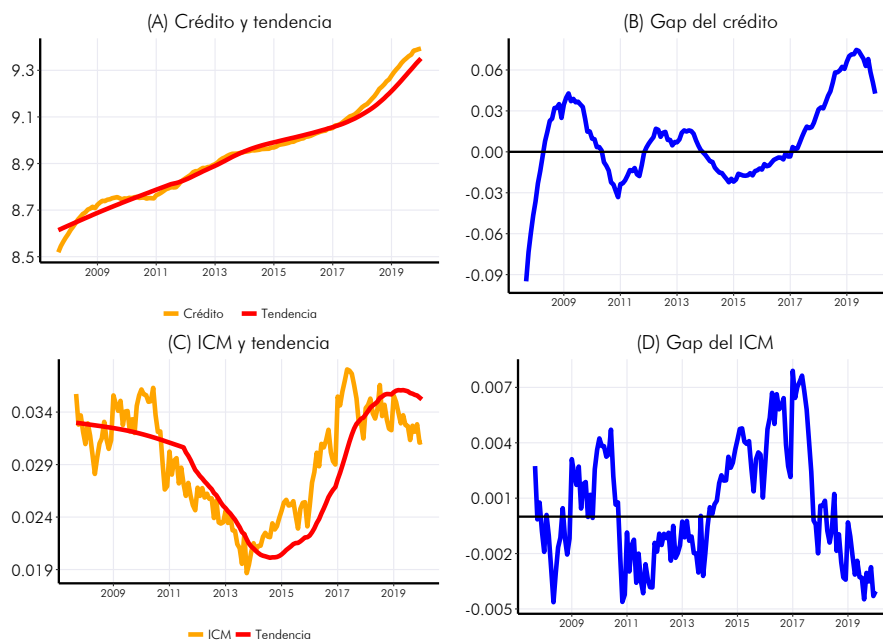
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.4: El Salvador: Gap del crédito y Gap del ICM en el sector vivienda



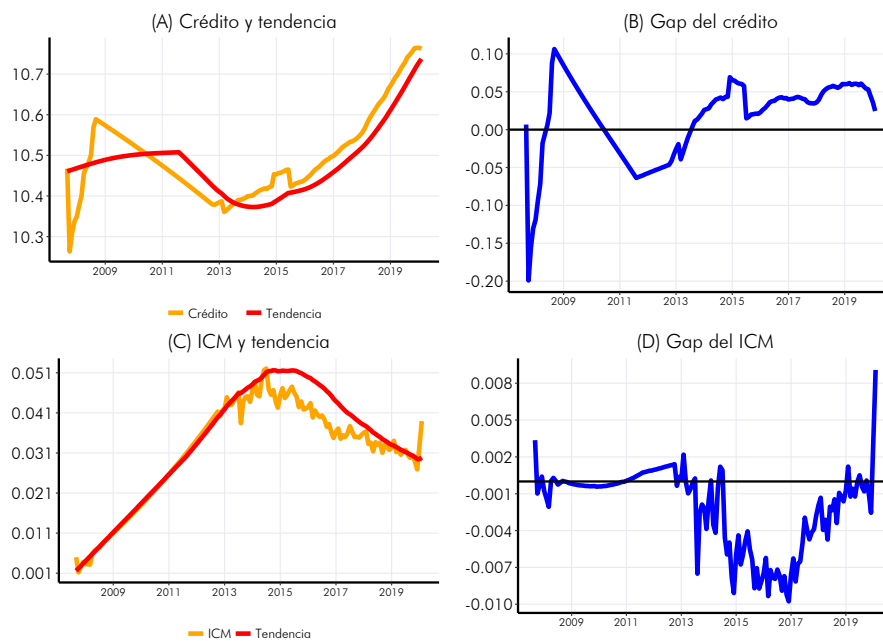
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.5: Guatemala: Gap del crédito y Gap del ICM en el sector vivienda



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.6: Honduras: Gap del crédito y Gap del ICM en el sector vivienda



Fuente: Elaboración propia.



A.4 Modelación ARCH y GARCH del crecimiento interanual del ingreso por remesas y rendimiento de reportos

La función $H()$ señalada en el Anexo A2, es el proceso a partir del cual se obtiene, para el caso de El Salvador, la volatilidad de la tasa interanual de las remesas (σ_t^{REM}) y del rendimiento de los reportos (σ_t^{Repo}).

El cuadro A3 presenta, tanto para la tasa de crecimiento interanual del ingreso por remesas como para el rendimiento de reportos, el estadístico de prueba y el p-value asociado de un test formal, elaborado bajo la hipótesis nula de que no existen efectos Autorregresivos Condicionales Heterocedásticos (ARCH) en dichas series¹³.

Los resultados del test indican que podría resultar útil optar por una modelación que permita determinar un patrón de comportamiento estadístico de las varianzas de esas series, ello se logra aplicando modelos Autorregresivos Condicionales Heterocedásticos (ARCH) o una generalidad o extensión de éstos (GARCH).

El cuadro A4 muestra los valores de los parámetros estimados para la ecuación de la varianza condicional de cada una de las series; es de resaltar que en el caso del rendimiento de los reportos se opta por un proceso ARCH. Finalmente, se destaca que en todas las series los procesos resultaron estacionarios.

Las figuras A7 y A8, muestran, en su orden, la evolución en el tiempo de las varianzas condicionales del crecimiento del ingreso por remesas y del rendimiento de los reportos para El Salvador.

¹³Este test consiste en realizar para cada serie la regresión de ella con respecto a una constante a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios, obteniendo así sus residuos y regresarlos con respecto a sus q rezagos al cuadrado, obteniendo de esa regresión su R^2 , con el que se construye el estadístico de prueba: TR^2 , siendo T el tamaño de la muestra, este estadístico sigue una distribución χ^2 con q grados de libertad.

Cuadro A.3: ARCH estadístico de la tasa de crecimiento interanual del ingreso por remesas y del rendimiento por reportos de El Salvador.

Serie	Crecimiento interanual de las remesas	Rendimiento de reportos
Muestra	1992M1-2020M5	2005S3-2020S14
ARCH Estadístico	42.056	54.5
P-value	$\chi^2(1) = 8.87e^{-11}$	$\chi^2(1) = 1.55e^{-13}$

Notas: M1 se refiere al primer mes del año, M5 se refiere al quinto mes del año. S3 y S14 se refieren a la tercera y décimo cuarta semana del año respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

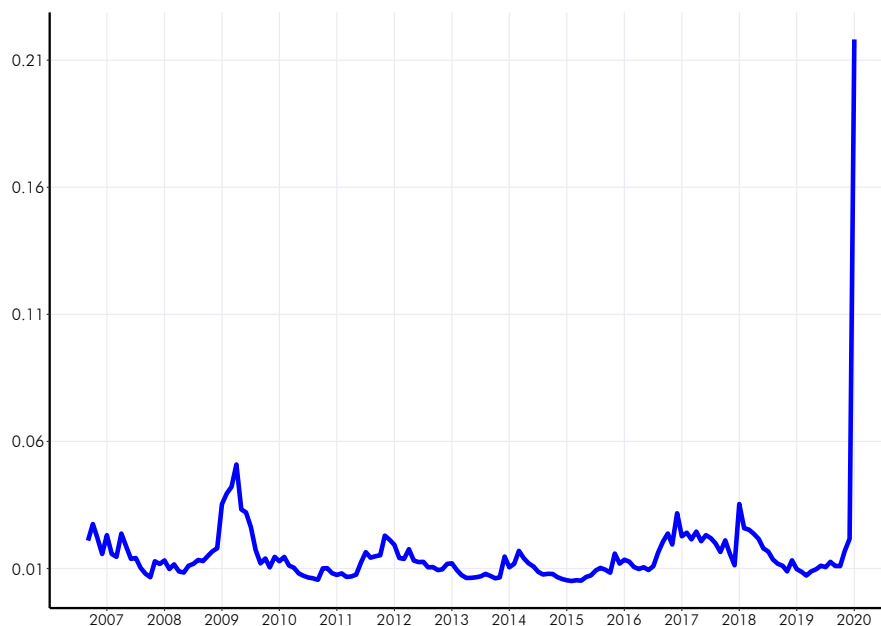
Cuadro A.4: Parámetros estimados de los procesos Autorregresivos Condicionales Heterocedásticos para El Salvador.

Serie	Crecimiento interanual de las remesas	Rendimiento de reportos
Muestra	1992M1-2020M5	2005S3-2020S14
α_0	0.0009*	0.0159***
α_1	0.3916***	0.8804***
β_1	0.5774***	- - - -

Notas: * Significativo al 10%, **Significativo al 5%, ***Significativo al 1%. Los parámetros corresponde a la especificación: $\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$. M1 se refiere al primer mes del año, M5 se refiere al quinto mes del año. S3 y S14 se refieren a la tercera y décimo cuarta semana del año respectivamente.

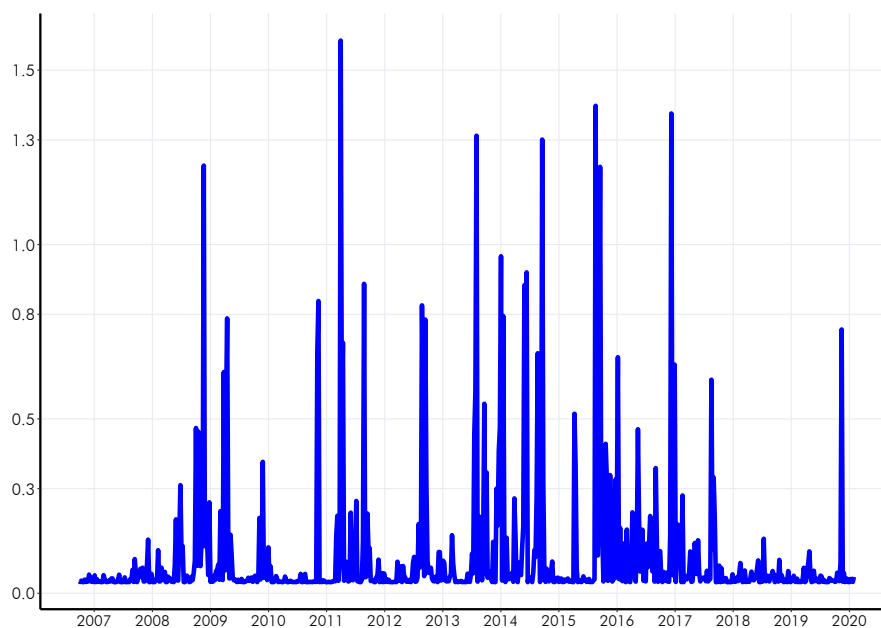
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.7: El Salvador: Varianza condicional de la tasa de crecimiento interanual del ingreso por remesas



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.8: El Salvador: Varianza condicional de los rendimientos de reportos



Fuente: Elaboración propia.



Documento de Trabajo

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano
No. 3, Septiembre 2020

A.5 Análisis de componentes principales para la obtención de un índice de precios de productos de exportación pertinente para el Triángulo Norte de Centroamérica

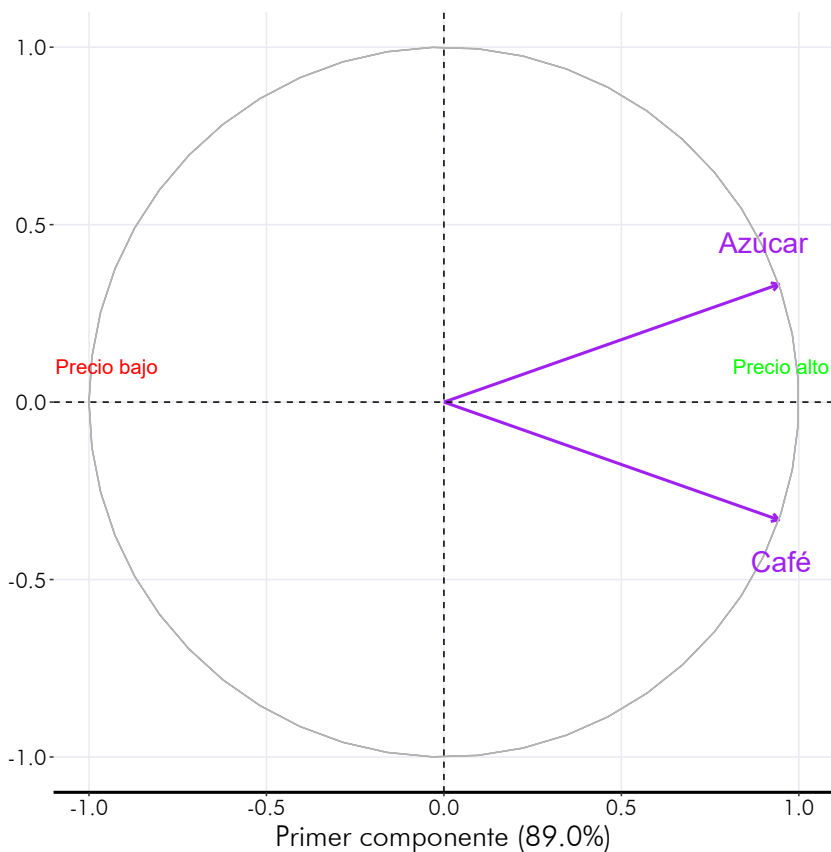
La función $J()$ señalada en el Anexo A2, es el proceso a partir del cual se obtiene un índice de precios de los productos de exportación para el Triángulo Norte de Centroamérica (TNC).

La aplicación del análisis de componentes principales se hace sobre el conjunto de datos, con el objeto de resumir la información en un solo indicador a partir del primer componente principal. Este indicador se enfoca en el conjunto de precios de bienes representativos a la canasta de exportación de los países del TNC: café y azúcar.

En la figura A9, se muestra el círculo de correlación entre los dos primeros componentes principales; apreciándose como todos los precios se encuentran positivamente correlacionados en relación al primer componente principal. Es de destacar que el primer componente explica el 89.0% de la varianza total de los datos.

Una vez realizado el análisis de componentes principales se estandariza el índice correspondiente al primer componente principal aplicando la fórmula dada por la ecuación 1, la cual hace una transformación logística de dicho índice. La serie del índice de precios de exportación correspondiente al TNC se presenta en la figura A10.

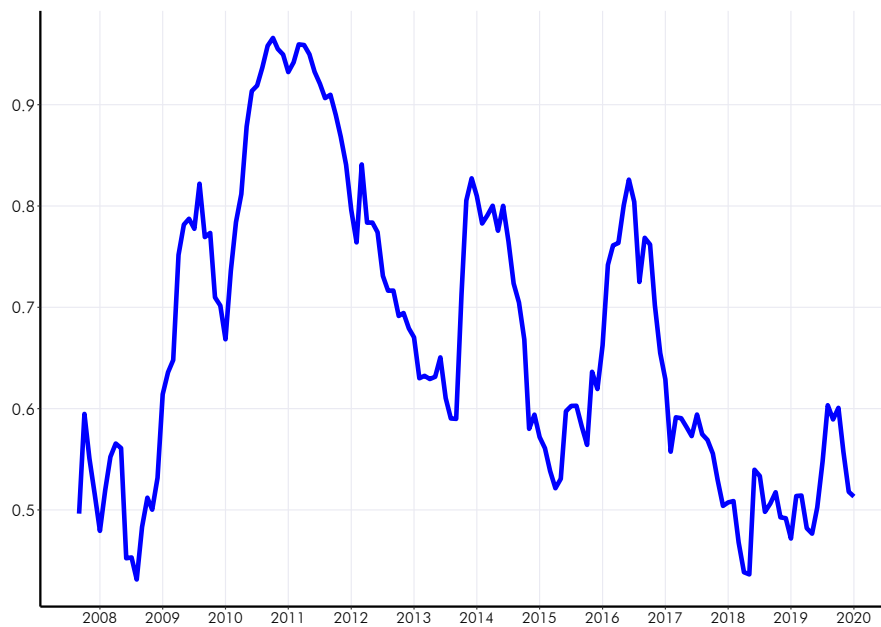
Figura A.9: Círculo de correlación de los principales componentes para las series de precios de la cesta exportable del TNC



Notas: El círculo de correlación muestra en el eje de las abscisas y ordenadas el primero y el segundo componente principal respectivamente. Variables positivamente correlacionadas son agrupadas en el hemisferio este o norte según el componente principal que se observe. La calidad es medida como la distancia entre la variable y el origen del círculo, cuanto menor sea la distancia mayor será la representación del primer componente principal sobre esa variable, transitando de un color azul hacia uno rojo. Entre paréntesis aparece el porcentaje de la varianza total de los datos que es explicada por el primer componente principal.

Fuente: Elaboración propia.

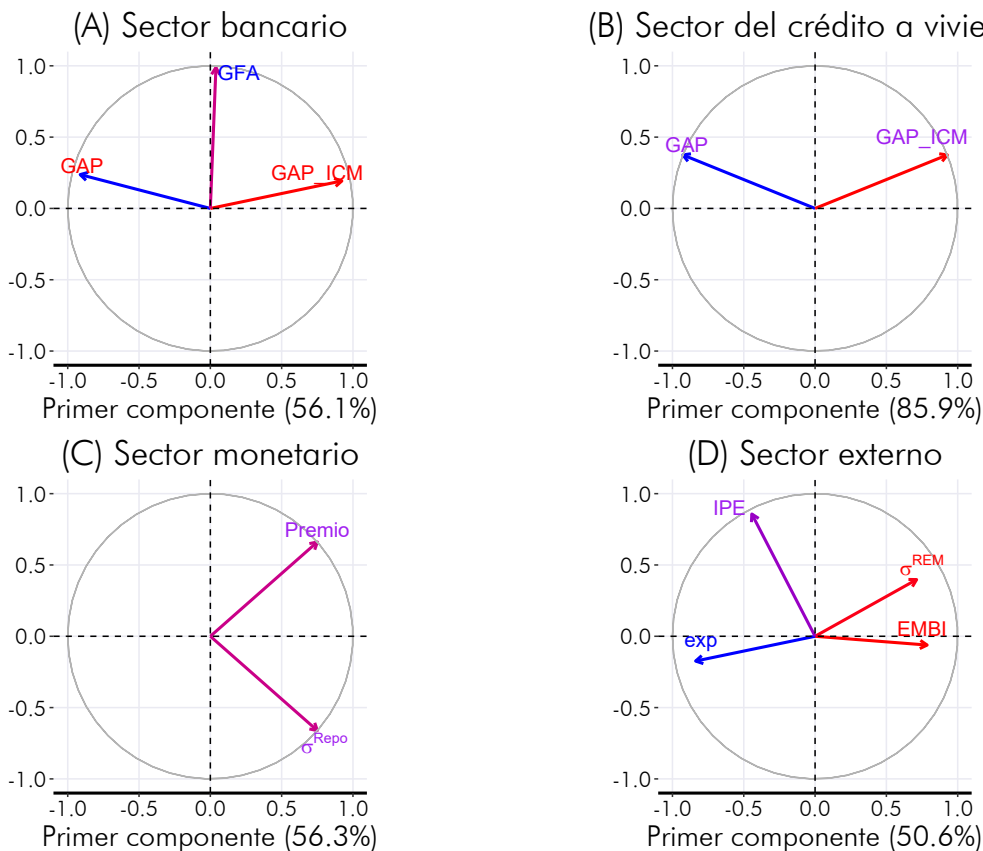
Figura A.10: Índice de precios de bienes exportables pertinente para el Triángulo Norte de Centroamérica



Fuente: Elaboración propia.

A.6 Análisis de componentes principales por sector según país del Triángulo Norte de Centroamérica

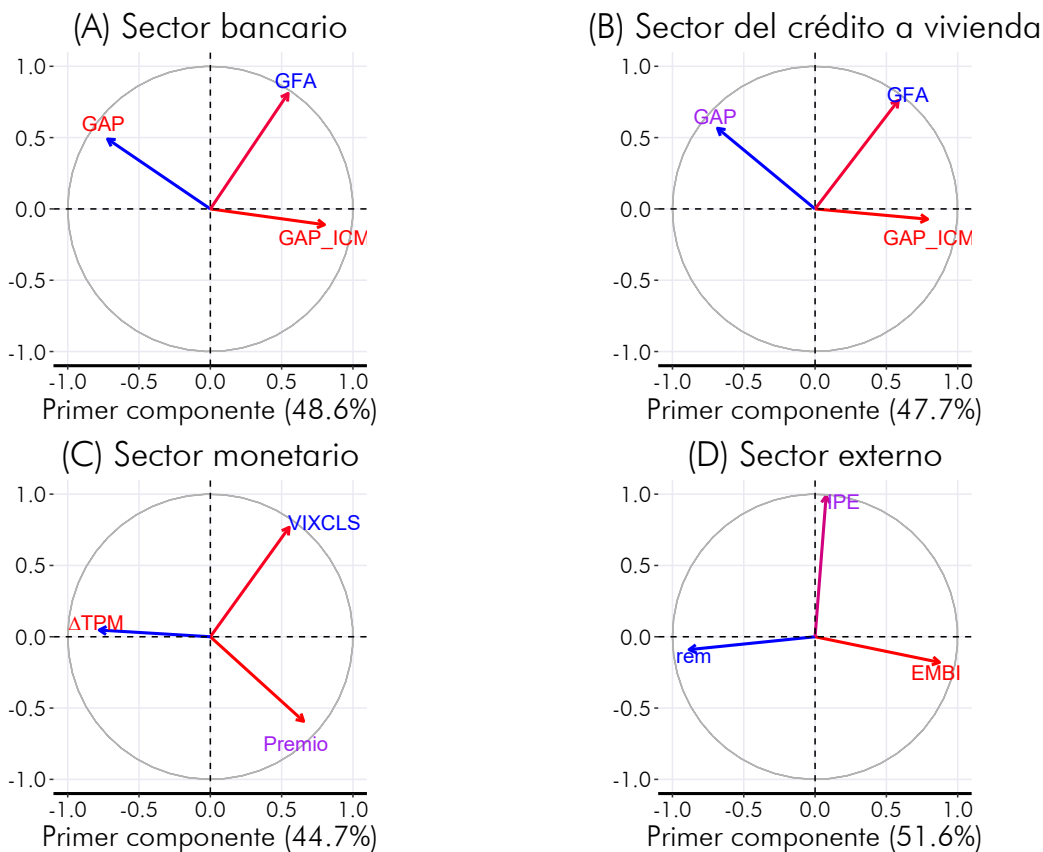
Figura A.11: El Salvador: Círculo de correlación de los principales componentes para cada serie según sector que constituye el Índice de Riesgo Sistémico



Notas: El círculo de correlación muestra en el eje de las abscisas y ordenadas el primero y el segundo componente principal respectivamente. Variables positivamente correlacionadas son agrupadas en el hemisferio este o norte según el componente principal que se observe. La calidad es medida como la distancia entre la variable y el origen del círculo, cuanto menor sea la distancia mayor será la representación del primer componente principal sobre esa variable, transitando de un color azul hacia uno rojo. En cada panel entre paréntesis aparece el porcentaje de la varianza total de los datos que es explicada por el primer componente principal.

Fuente: Elaboración propia.

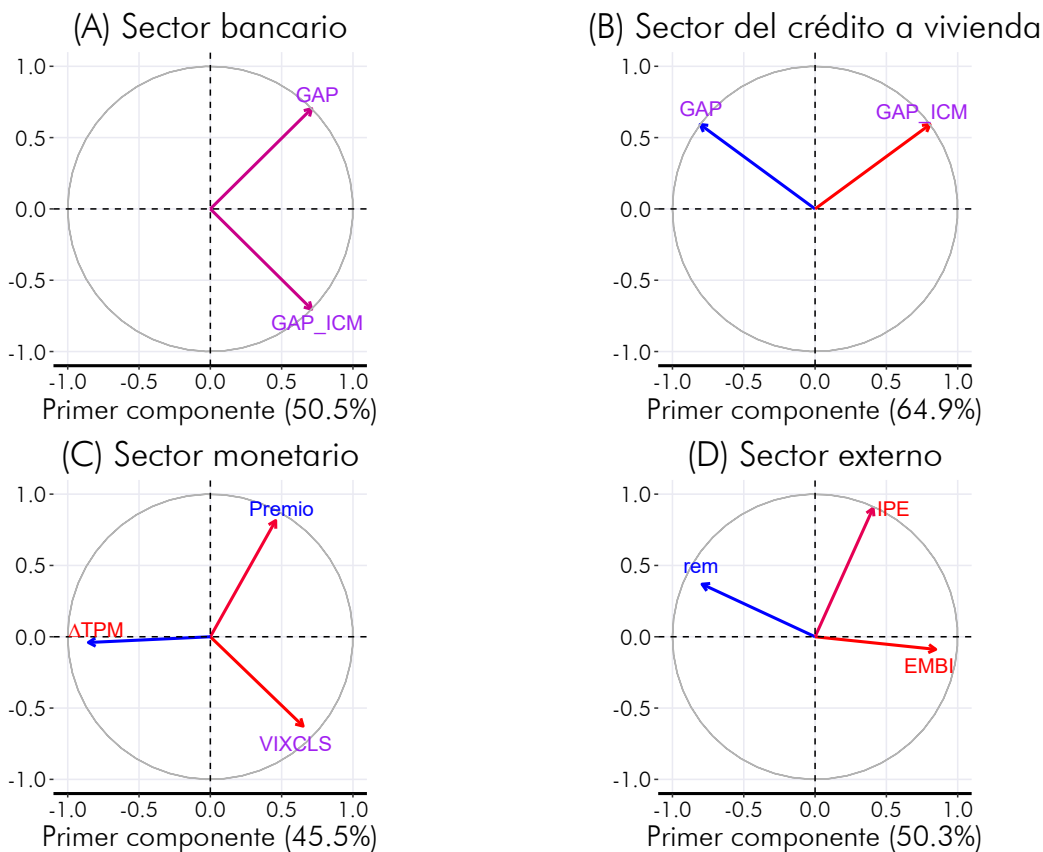
Figura A.12: Guatemala: Círculo de correlación de los principales componentes para cada series según sector que constituye el Índice de Riesgo Sistemático



Notas: El círculo de correlación muestra en el eje de las abscisas y ordenadas el primero y el segundo componente principal respectivamente. Variables positivamente correlacionadas son agrupadas en el hemisferio este o norte según el componente principal que se observe. La calidad es medida como la distancia entre la variable y el origen del círculo, cuanto menor sea la distancia mayor será la representación del primer componente principal sobre esa variable, transitando de un color azul hacia uno rojo. En cada panel entre paréntesis aparece el porcentaje de la varianza total de los datos que es explicada por el primer componente principal.

Fuente: Elaboración propia.

Figura A.13: Honduras: Círculo de correlación de los principales componentes para cada series según sector que constituye el Índice de Riesgo Sistemático



Notas: El círculo de correlación muestra en el eje de las abscisas y ordenadas el primero y el segundo componente principal respectivamente. Variables positivamente correlacionadas son agrupadas en el hemisferio este o norte según el componente principal que se observe. La calidad es medida como la distancia entre la variable y el origen del círculo, cuanto menor sea la distancia mayor será la representación del primer componente principal sobre esa variable, transitando de un color azul hacia uno rojo. En cada panel entre paréntesis aparece el porcentaje de la varianza total de los datos que es explicada por el primer componente principal.

Fuente: Elaboración propia.