Banco Central de Venezuela

Una medida sistémica del riesgo de liquidez

Carolina Pagliacci
Jennifer Peña

27 de Octubre de 2017

Las opiniones emitidas en este artículo son responsabilidad de los autores y no comprometen la visión que el Banco Central de Venezuela pueda tener sobre el tema.

Contenido

I. Motivación
II. Metodología de pasivos contingentes
III. Modelo adaptado a la liquidez sistémica
IV. Aplicación al sistema bancario venezolano
V. Conclusiones

Motivación

Motivación

- **Importancia del mercado interbancario:**
  - El impago por parte de algún banco tiene consecuencias directas e inmediatas sobre los bancos acreedores.
  - Las autoridades pueden actuar rápidamente para resolver los problemas de liquidez que se presenten.

- **El riesgo sistémico del problema de liquidez en el mercado interbancario es:**

  - El contagio que ocurre entre las instituciones del sistema a partir de la verificación de problemas de impago de bancos altamente interconectados (o sistémicamente importantes).

Motivación

Alternativa para analizar el problema de liquidez

- Medir el riesgo sistémico desde una perspectiva *top-down*, es decir, asociar el riesgo sistémico a variables agregadas o factores macroeconómicos, que puedan dar cuenta del estado del sistema como un todo.

El problema de la liquidez

- **Premisa:**
  - La liquidez se relaciona no sólo con la posibilidad de cumplir con las deudas interbancarias, sino también con la disponibilidad de suficientes activos líquidos para cumplir con otras obligaciones de corto plazo, como las que surgen de la interacción de los bancos con el Banco Central

- **Se estima:**
  - El riesgo sistémico de liquidez a partir del comportamiento de variables bancarias agregadas, macroeconómicas y de política que se relacionan con el manejo de la liquidez bancaria

El problema de la liquidez

- **Contribución:**
  - Mayor comprensión de los eventos macroeconómicos que afectan el manejo de la liquidez por parte de los bancos y que afectan el comportamiento de estos en el mercado interbancario.
  - Uso de la información del modelo para proyectar las decisiones de préstamos y tasas de interés en el interbancario

Metodología de pasivos contingentes

Metodología

- Para medir el riesgo sistémico asociada a los cambios en la liquidez se aplica la metodología de pasivos contingentes, desarrollada originalmente para empresas por Merton (1974) y aplicada a diversos sectores macro-financieros por Gray y Malone (2008).
- El análisis de pasivos contingentes (Contingent Claims Analysis - CCA):
  - Combina información basada en el mercado y reorganiza la información de los haberes de una entidad para obtener indicadores de riesgo financieros, como la distancia al default y la probabilidad de default (**vulnerabilidad del sistema**)
  - Esta aplicación estima los indicadores de riesgo a partir de dos niveles jerárquicos de pasivos, reflejando que en la práctica, los bancos, al entrar en cesación de pagos atienden sus compromisos con diferentes prioridades.
    - Deuda senior (o deuda de mayor prioridad) constituye el límite mínimo para el valor de los activos por debajo del cual se entra en la zona de insolvencia
    - Deuda junior (o deuda de menor prioridad) es equivalente al valor residual de los activos, una vez deducido el valor de la deuda senior. Es decir, la deuda junior se comporta como una opción call sobre los activos con precio de barrera (strike price) o umbral igual a la deuda senior.
  - Existe un componente estocástico en la evolución temporal del valor de los activos que se hereda de los pasivos

Metodología

Tabla 1. Clasificación de la hoja de balance de los bancos en la CCA estándar

Activos	Pasivos
No observable	*Deuda senior, D*
	Depósitos en el corto plazo + una fracción de los depósitos en el largo plazo
	Pasivos residuales, E
	Patrimonio (a valor de mercado)

- E_t se comporta como una opción *call* Europea sobre el valor de los activos,
- A tiempo T y dada la información en t:

$$E_t = A_t \mathcal{N}(d_1) - D_t e^{-\mu_{A_t}} \mathcal{N}(d_2) \text{ con } d_1 = d_2 + \sigma_A \sqrt{T-t}$$

Donde μ_A: es el retorno de los activos libre de riesgo

- La volatilidad de la deuda junior (σ_E) y los activos (σ_A) se relacionan por:

$$\sigma_E = \frac{A_t}{E_t} \mathcal{N}(d_1) \sigma_A$$

Metodología

- La probabilidad de default a tiempo T, se define como:

$$Pr(A_t \leq D_t) = Prob\left(A_0 \exp\left(\left(\mu_A - \frac{\sigma^2{}_A}{2}\right)(T-t) + \sigma_A \varepsilon \sqrt{T-t}\right) \leq D_t\right) = \mathcal{N}(-d_2)$$

Donde:

- $\mathcal{N}(x)$ es el valor de la distribución normal estándar acumulada en x
- $d_2 = \frac{ln\left(\frac{A_t}{D_t}\right) + \left(\mu_A - \frac{\sigma^2{}_A}{2}\right)(T-t)}{\sigma_A \sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma_A \sqrt{T-t}$
- $\varepsilon \sim \mathcal{N}(0, \Delta t)$

Un modelo de gestión de liquidez

Clasificación de los pasivos en el manejo de la liquidez

Tabla 2. Clasificación de los pasivos en el corto plazo para el manejo de la liquidez

Activos líquidos totales	**Pasivos líquidos totales**
No observable	*Obligaciones senior, D*
	Balance + intereses en instrumentos de inyección de la Política Monetaria, BC_{t-1}^{iny} Destrucción esperada de dinero en moneda local (contracción de la base monetaria), Cambio esperado en reservas requeridas , $E(\Delta \mathrm{RR}_t)$ Intereses de deuda en el mercado interbancario, $i_{t-1}^{O}\ Q_{t-1}^{O}$ Retiro esperado de efectivo, $E(R\ t)$
	Deuda Junior, E
	Balance + intereses en instrumentos de absorción de la Política Monetaria, BC_{t-1}^{abs} Creación esperada de dinero en moneda local, Stock de reservas de efectivo no-prestadas*, $efectivo_{t-1} - Q_{t-1}^{O}$

* Stock de reservas de efectivo no-prestadas= (efectivo en los bancos + reservas excedentes en BC) - monto pasado de fondos negociados en el mercado interbancario

Probabilidad de default asociada al manejo de la liquidez

$$A_t - D_t = E_t$$

Sustituyendo los componentes:

$$A_t - E(\Delta RR_t) - E(R_t) - i_{t-1}^{O}\, Q_{t-1}^{O} = E(FBM_t) + BC_{t-1}^{abs} + efectivo_{t-1}$$

La probabilidad de impago (default):

- $PrD = Pr(A_t < D_t) = Pr\left[A_t < E(\Delta RR_t) + E(R_t) + i_{t-1}^{O} Q_{t-1}^{O}\right]$

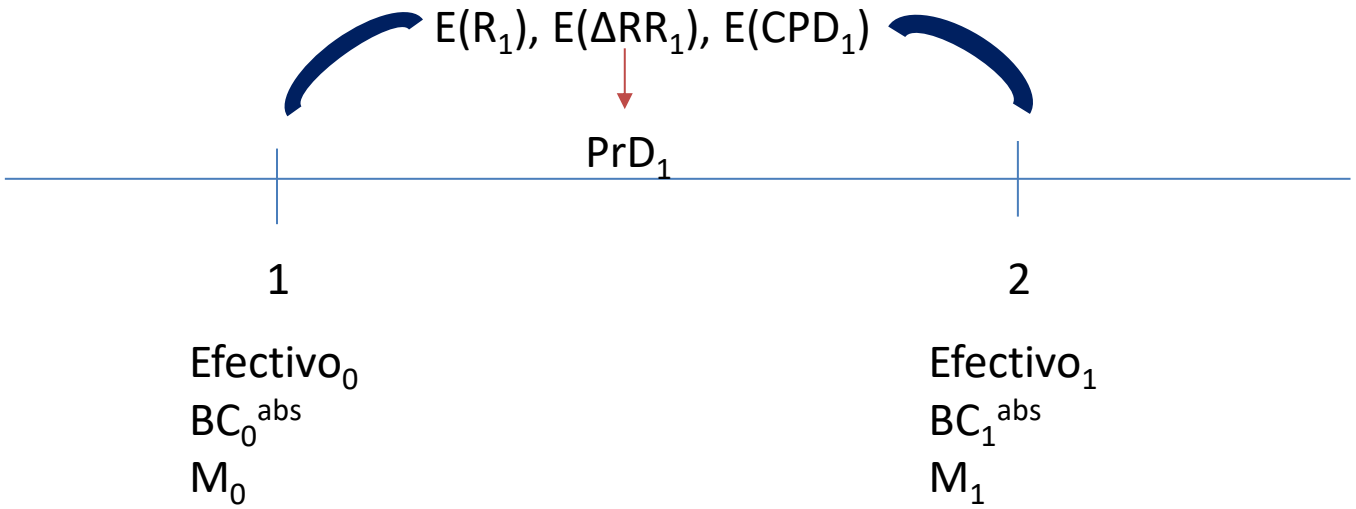
- $PrD = Pr(E_t < 0) = Pr\left[E(FBM_t) + BC_{t-1}^{abs} + efectivo_{t-1} < Q_{t-1}^{O}\right]$

Equivalentemente

- $PrD = Pr(A_t < D_t) = Pr\left[A_t - E(\Delta RR_t) - E(R_t) - i_{t-1}^{O} Q_{t-1}^{O} < efectivo_t + BC_t^{abs}\right]$

- $PrD = Pr(E_t < 0) = Pr\left[E(FBM_t) - Q_{t-1}^{O} < \Delta BC_t^{abs} + \Delta efectivo_t\right]$

Modelo estilizado de decisiones de liquidez



$$PrD_t = f\left[E(flujos_t)\ /\ efectivo_{t-1}, BC_{t-1}^{abs}, Q_{t-1}\right]$$

$$E(CT_t) = PrD_t\ \left(LGD_t - \Delta efectivo_t - \Delta BC_t^{abs}\right) + (1 - PrD_t)\left[i_t^O\ efectivo_t + (i_t^O - i_t^{BC})BC_t^{abs}\right]$$

C.P.O

$$\begin{cases} i_t^O + f'(efectivo)\ efectivo_t = \dfrac{PrD}{1 - PrD} \\ i_t^O - i_t^{BC} - f'(BC)\ BC_t^{abs} = \dfrac{PrD}{1 - PrD} \end{cases}$$

Aplicación al Sistema Bancario Venezolano

Aplicación al caso venezolano

- Consideramos datos semanales entre enero de 2004 y diciembre de 2014
- Las variables usadas para el calculo son:

Activos líquidos totales	Pasivos líquidos totales
No observable	*Obligaciones senior*
	Liquidaciones de divisas (IC) Cambio semanal en reservas requeridas Intereses semanales sobre las operaciones interbancarias de la semana previa Compensación neta de cheques durante la semana
	Pasivos residuales
	Balance de la semana previa de CDs del BC+ intereses semanales Creación de dinero fiscal durante la semana (IF) Stock de la semana pasada de reservas de efectivo ajustadas por las operaciones interbancarias de la semana anterior

- La volatilidad de los pasivos residuales (σ_E) se calcula para el crecimiento semanal (log) de E,
- μ_A es la tasa libre de riesgo y se aproxima al crecimiento semanal (log) de IF,
- $T = 1\ semana$

Deuda senior (D), junior (E) y sus componentes

Gráfico 1. Deuda senior (D) y sus componentes, promedio anual[\a]

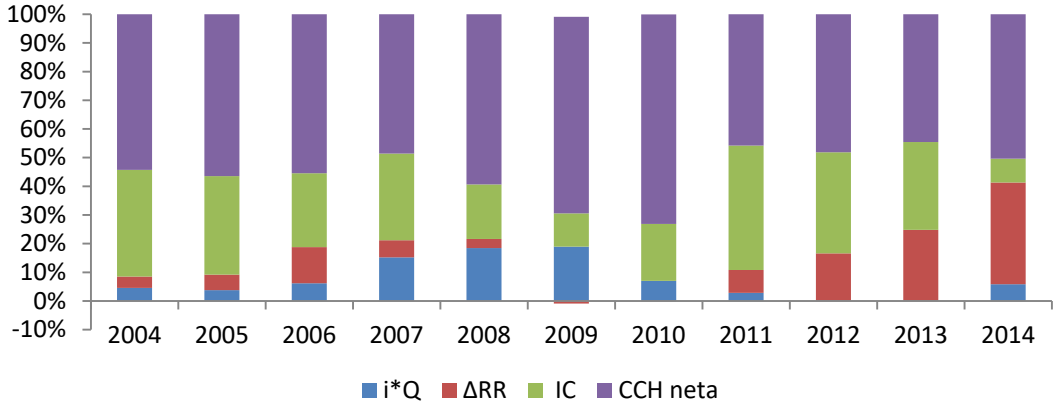
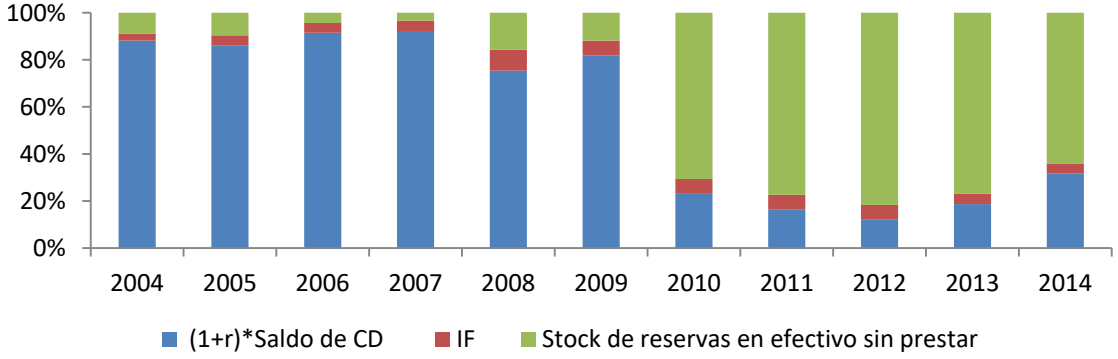


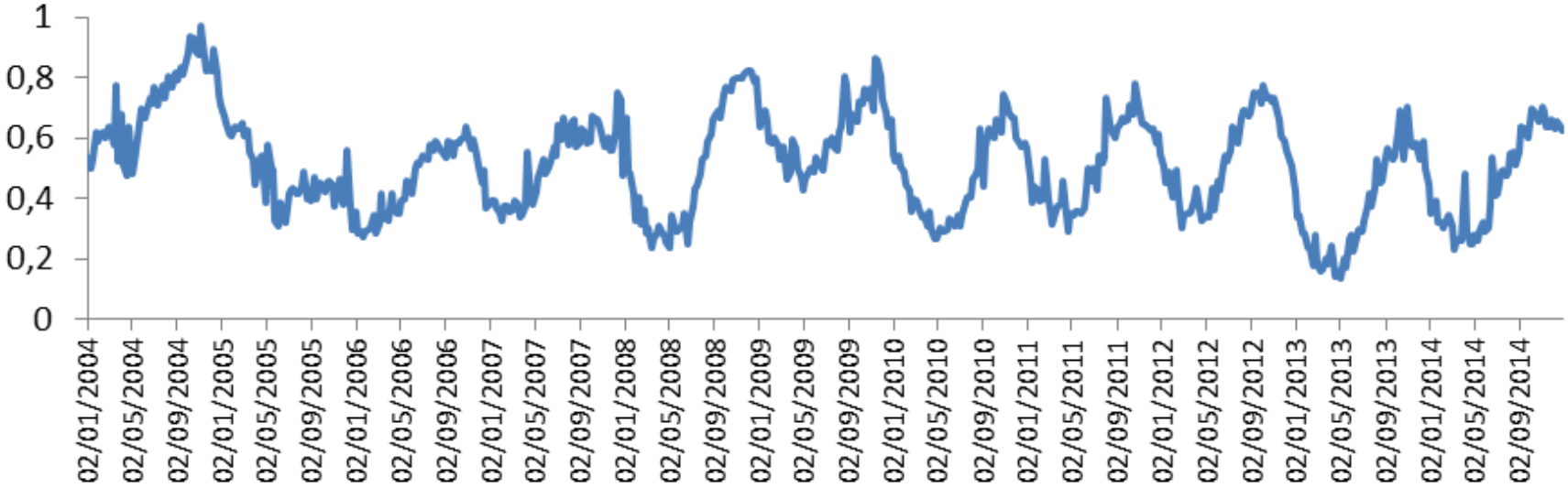
Gráfico 2. Deuda junior (E) y sus componentes, promedio anual[\b]



\b: Cada componentes se encuentra en millones de Bolívares y expresado como porcentaje del total en cada año

La probabilidad de default (PrD) tiende a mostrar incrementos entre agosto y octubre, alcanzando máximos en noviembre

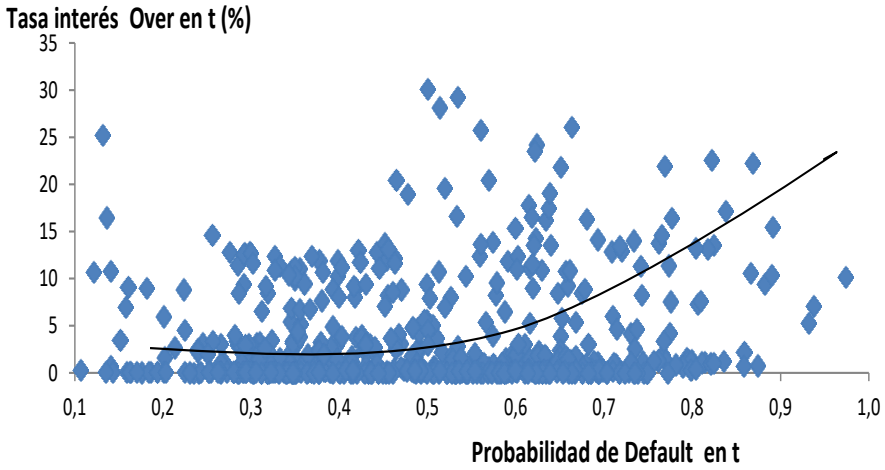
Gráfico 3. Probabilidad de default semanal para el caso venezolano



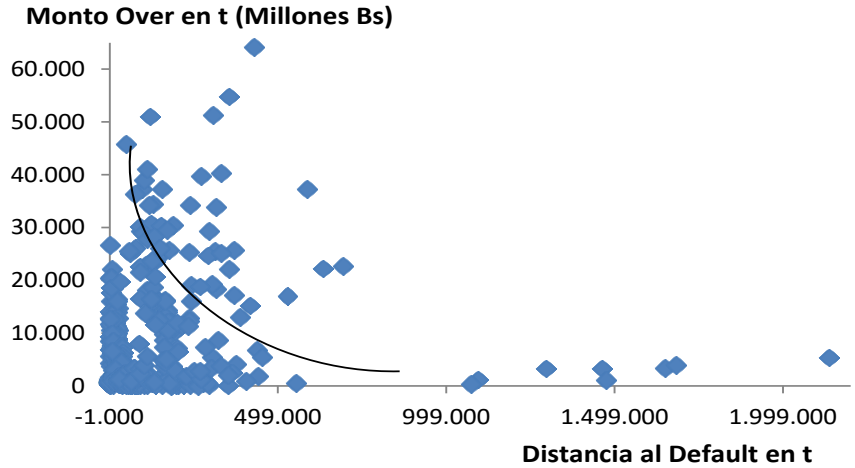
PrD se refiere a la probabilidad de impago de las obligaciones de corto plazo

La información producida por el modelo (PrD y DD) se relaciona de la forma esperada con las decisiones de los bancos en el mercado overnight

PrD Vs Tasa interés en el Over



DD Vs Monto en el Over



PrD: es la probabilidad de incumplimiento de pago de obligaciones con activos líquidos
DD: se refiere al valor absoluto de la distancia al default A-D, donde A es la estimación del modelo a tiempo t.
Recordemos que la distancia al default se define como la distancia estandarizada, d_2, o puede alternativamente ser definida como $A_t - B_t$, que es la distancia absoluta entre el valor esperado de activos y el umbral de default. Esta última distancia se encuentra negativamente relacionada con la probabilidad de default, así como, d_2

Ganancia en pronóstico: El error cuadrático medio de predicción de los montos y tasas mejora significativamente cuando se introducen los resultados del modelo

Comparación de pronósticos utilizando el indicador de ajuste MAPE (error medio absoluto porcentual)

Tabla 1. Ecuación de las tasas del overnight

Casos	MAPE para el pronóstico de los tres primeros meses (enero a marzo) de los años		
	2007	2011	2015
Modelo 1. Autorregresivo en la media (referencia) $i_t = 0{,}5 + 0{,}6i_{t-1} - 0{,}10i_{t-2} + 0{,}131i_{t-3} + 0.23i_{t-4} - 0{,}06i_{t-5} + \varepsilon_t$	51,12196	13,71454	852,1225
Modelo2. Con variables explicativas en la media y GARCH para la varianza $i_t = 1{,}8 + 0{,}9i_{t-1} - 0{,}1i_{t-2} + 0{,}001i_{t-3} + 0.2i_{t-4} - 0{,}2i_{t-5} - 5{,}3PrD_t + 4{,}1PrD_t^2 - 1{,}3x10^{-6}DD_t + \varepsilon_t$ Donde $\varepsilon_t \sim D(0, h_t)$ con varianza $h_t = 0.001 + 0{,}2\varepsilon^2{}_{t-1} + 0{,}7h_{t-1}$	50,65568	11,88059	376,9034
Modelo3. Con variables explicativas en la media y en el GARCH: $i_t = 1{,}8 + 0{,}9i_{t-1} - 0{,}1i_{t-2} + 0{,}01i_{t-3} + 0.3i_{t-4} - 0{,}1i_{t-5} - 5{,}6PrD_t + 4{,}5PrD_t^2 - 1{,}4x10^{-6}DD_t + \varepsilon_t$ Donde $\varepsilon_t \sim D(0, h_t)$ con varianza $h_t = 0.02 + 0{,}2\varepsilon^2{}_{t-1} + 0{,}7h_{t-1} - 0.03PrD_t$	46,42029	11,71347	265,9000

Tabla 2. Ecuación para el monto del overnight en millones de bolívares de 1997

Casos	MAPE para el pronóstico de los tres primeros meses (enero a marzo) de los años		
	2007	2011	2015
Modelo1. Autorregresivo en la media (referencia) $Q_t = 21{,}05 + 0{,}7Q_{t-1} - 0.01Q_{t-2} + 0.1Q_{t-3} + 0.17Q_{t-4} + \varepsilon_t$	21,93870	65,66870	806,8502
Modelo2. Con variables explicativas en la media y GARCH para la varianza: $Q_t = 15{,}4 + 0{,}6Q_{t-1} + 0.01Q_{t-2} + 0.1Q_{t-3} + 0.2Q_{t-4} - 1{,}6x10^{-5}DD_t + \varepsilon_t$ Donde $\varepsilon_t \sim D(0, h_t)$ y la varianza, $h_t = 111{,}1 + 0{,}1\varepsilon^2{}_{t-1} + 0{,}8h_{t-1}$	19,94650	44,51296	655,2601

Nota: Además de utilizar el indicador de ajuste se consideró el contraste de Diebold y Mariano (1995) que analiza si las diferencias entre las funciones de pérdida de los errores entre dos modelos es significativamente distinta de cero

Ejercicios de política: Versión simplificada y determinista del modelo

- Sistema:

$$PrD = f(A(E,\sigma_E),\sigma_A(E,\sigma_E),D,T,\mu_A)$$
$$Over_t = a_0 + a_1 Over_{t-1} + a_2 DD_t$$
$$i_t = b_0 + b_1 i_t + b_2 PrD_t - b_3 DD_t$$
$$\Delta RE_t = c_0 + c_1 \Delta RE_{t-1} + c_2 IF_{t-1} - c_3 IC_t$$
$$\Delta EB_t = d_0 + d_1 \Delta EB_{t-1} + d_2 IF_t - d_3 IC_t$$
$$BM_t = RE_t + RR_t$$
$$Tasa\ de\ encaje_t = \alpha BM_{t-1}$$
$$IF_t = e_0 + e_1 IF_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$
$$IC_t = \mu_0 + \mu_1 IC_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

Donde $a_j, b_j, c_j, d_j, e_j, \mu_j, \alpha > 0$ para todo $j = 1,2,3$

- Período analizado: 2006-2007
- Condiciones iniciales: valores iniciales de las variables en 2006

Resultados de los ejercicios de política

Gráfico A1. Escenarios obtenidos al modificar la media incondicional en las incidencias fiscales

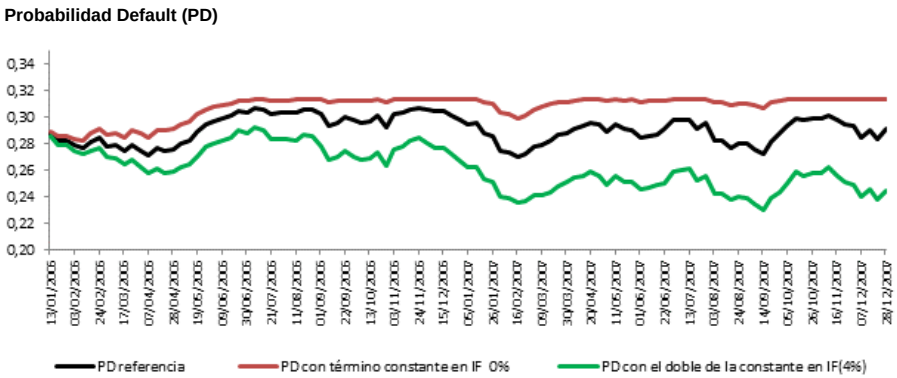


Gráfico A2. Escenarios obtenidos al modificar la media incondicional en las incidencias cambiarias

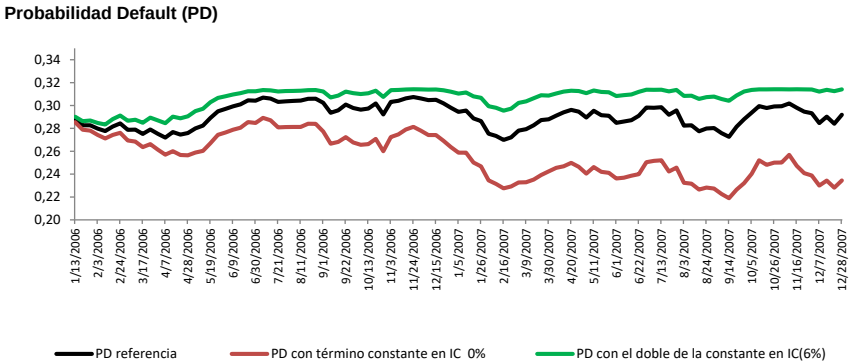


Gráfico A5. Escenarios obtenidos al modificar la persistencia en la ecuación de las incidencias fiscales

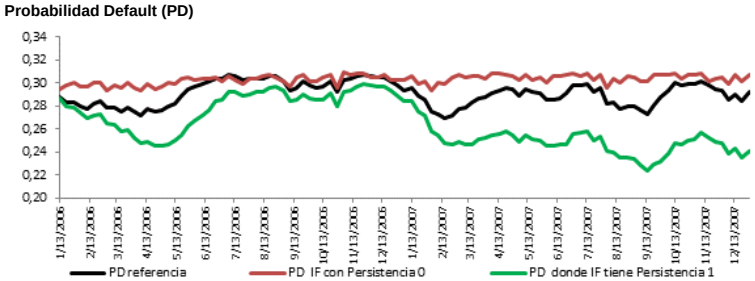


Gráfico A6. Escenarios obtenidos al modificar la persistencia en la ecuación de las incidencias cambiarias

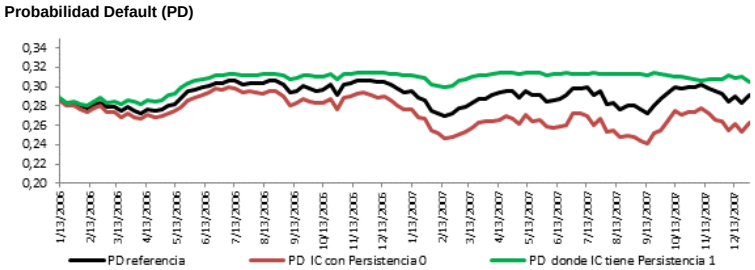
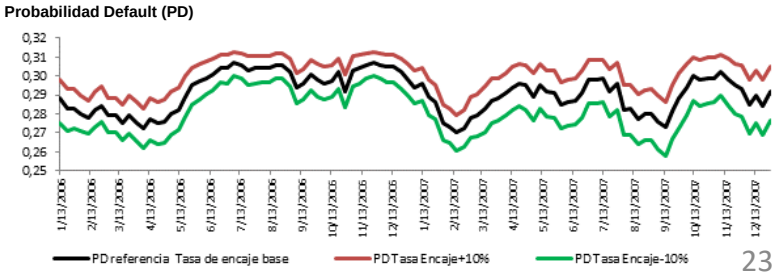


Gráfico A7. Escenarios obtenidos al modificar la tasa de encaje



Resultados de los ejercicios de política

- Aumentos (reducciones) en la media incondicional y la persistencia de las incidencias fiscales tiende a reducir (aumentar) la probabilidad de default,

- Aumento (reducción) de la ordenada y la persistencia en la ecuación de las incidencias cambiarias, implica aumento (reducción) de la probabilidad de default.

- Aumento (disminución) de la tasa de encaje, la probabilidad de default tiende a aumentar (disminuir).

Conclusiones

Conclusiones

- La interpretación propuesta en este trabajo sobre el análisis de la PrD es que, si la acumulación deseada de efectivo de los bancos excede el flujo de nuevos fondos entrantes al sistema, aumentan las posibilidades de un evento de estrés de liquidez. Esto refleja los riesgos que surgen de una transformación generalizada de activos menos líquidos en efectivo.
- La PrD estimada permite comprender la asignación de efectivo y tenencias de instrumentos del Banco Central para todo el sistema bancario. Estas decisiones se conectan también con las condiciones que se pueden observar en el mercado interbancario, donde los bancos intentan satisfacer sus necesidades inmediatas de liquidez.
- Al realizar la aplicación a datos venezolanos:
  - Los resultados muestran que las medidas estimadas de DD y PrD reflejan adecuadamente eventos de estrés o vulnerabilidades de liquidez en el sistema financiero.
  - Encontramos una relación positiva entre la tasa de interés del mercado overnight y la probabilidad de default, indicando que estas tasas si reflejan una prima de riesgo asociado al riesgo de liquidez sistémico.
  - Alternativamente, el signo negativo de la relación entre el monto del overnight y la distancia al default (DD), refleja la menor necesidad de fondos al incrementarse la cantidad de activos líquidos disponibles.
  - Los indicadores de riesgo estimados mejoran el pronóstico de las tasas de interés y montos pactado.

Gracias por su atención

Bibliografía

Bibliografía

- Arslanalp, S. y Liao, Y. (2013). Contingent Liabilities and Sovereign Risk: Evidence from Banking Sectors. Centre for Applied Macroeonomic Analysis, Australian National University, Working paper 43/2013, p. 1-52
- Bancarewicz, G. (2005). Kryteria klasyfikacji i uprzywilejowana pozycja banków ważnych systemowo oraz wyrównywanie szans banków w systemie f inansowym. Bank i Kredyt, nr11/12, Warszawa listopad-grudzień, 27.
- Black, F., y Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. The Journal of Political Economy, Vol. 81, N° 3, pp. 637-654
- Brunnermeier, M., Crocket, A., Goodhart, C., Hellwig, M., Persaud, A., y Song Shin, H. (2009). The Fundamental Principles of Financial Regulation. Geneva Reports on the World Economy 11.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics, 31, 307-328
- Cao, Z. (2015). Contrasting systemic risk in banking and insurance.
- Capera, L., Gómez, E., Laverde, M. y Morales, M. (2011). Measuring Systemic Risk in the Colombian Financial System: A Systemic Contingent Claims Approach. Temas de Estabilidad Financiera, Banco de la República, Banco Central de Colombia, No. 60
- Cáribas, Alejandro. (2011). ¿Mini crisis financiera 2009, 2010?. Ediciones Paredes II, C.A. Caracas-Venezuela, p. 1-156
- Cepeda, L., Gómez, E., Laverde, M. y Morales, A. (2011). Measuring Systemic Risk in the Colombian Financial Systems: A Systemic Contingent Claims Approach. En, Banco de la República, Temas de Estabilidad Financiera, Septiembre de 2011, No. 11
- Cepeda, F. y Ortega, F. (2015). A dynamic approach to intraday liquidity needs. Borradores de Economía N° 877, Banco de la República.
- Chan-Lau, J., Jobert, A, y Kong, J. (2004). An Option-Based Approach to Bank Vulnerabilities in Emerging Markets. IMF Working Papers 04/33, International Monetary Fund, Washington
- Chan-Lau, J. y Gravelle, T. (2005). The END: A New Indicator of Financial and Non_nancial Corporate Sector Vulnerability, IMF Working Papers 05/231, International Monetary Fund, Washington.
- Chan-Lau, J. y Sy, A. (2006), Distance-to-Default in Banking: A Bridge Too Far? IMF Working Papers 06/215, International Monetary Fund, Washington.
- Crosbie, P. y Bohn, J. (2003), Modeling Default Risk. Modelling Methodology , White paper, KMV Corporation, San Francisco.
- Drehmann, M., y Tarashev, N. (2011). Systemic importance: some simple indicators. Bank of England, BIS Quarterly Review
- Dobrzańska, A. (2012). Wzmacnianie stabilności finansowej poprzez wykorzystanie polityki makroostrożnościowej - cel, organizacja, instrumenty. In Alińska A., and Pietrzak B., editor, Stabilność systemu finansowego – instytucje, instrumenty, uwarunkowania, CeDeWu, Warszawa, 40.
- Echeverría, C., Gray, D. y Luna, L. (2006), Una Medida de Riesgo de Insolvencia de la Banca en Chile, Financial Stability Report of the Central Bank of Chile, Second Half, Santiago de Chile.
- Elsinger, H, Lehar, A, y Summer, M. (2002). Risk Assessment for Banking Systems. Oesterreichische Nationalbank, Working paper 79, p. 1-53
- Engle, R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. Econometrica, Vol. 50, N° 4, 987-1008
- Harada, K., Ito, T. y Takahashi, S. (2010), Is the Distance to Default a Good Measure in Predicting Bank Failures? Case Studies. Working Paper 16182, National Bureau of Economic Research.
- International Monetary Fund (2009), Global Financial Stability Report. Responding to the Financial Crisis and Measuring Systemic Risks. April 2009, Washington DC.
- International Monetary Fund (2011), Global Financial Stability Report. Grapping with Crisis Legacies. September 2011, Washington DC.

Bibliografía

- Jobst, A y Gray, D. (2013). Systemic Contingent Claims Analysis – Estimating Market – Implied Systemic Risk. International Monetary Fund, Working Paper/13/54
- Grapen, M., Gray, D., Hoon Lim, C. y Xiao, Y. (2004). The Contingent Claims Approach to Corporate Vulnerability Analysis: Estimating Default Risk and Economy-Wide Risk Transfer. IMF Working Paper /04/121
- Gray, D. y Jones, M. (2006). Measuring Sovereign and Banking Risk in Indonesia: An Application of the Contingent Claims Approach. IMF Country Report No. 06/318, August, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Gray, D., Merton, R.C. y Bodie, Z. (2007). Contingent Claims Approach to Measuring and Managing Sovereign Credit Risk. Journal of Investment Management, 5(4).
- Gray, D. y S. Malone (2008). Macrofinancial risk analysis, Editors: John Wiley & Sons, Ltd., England.
- Gray, D. y Walsh, J. (2008), Factor Model for Stress-testing with a Contingent Claims Model of the Chilean Banking System, IMF Working Papers 08/89, International Monetary Fund, Washington.
- Gray, D., Jobst, A. y Malone, S. (2010), Quantifying Systemic Risk and Reconceptualizing the Role of Finance for Economic Growth, Journal of Investment Management, vol. 8 no 2: pp. 90-110.
- Gropp, R., Vesala, J. y Vulpes, G. (2004), Market Indicators, Bank Fragility and Indirect Market Discipline, Economic Policy Review, vol. 10 no 2: pp. 53-62.
- Gropp, R., Vesala, J. y Vulpes, G. (2006), Equity and Bond Market Signals as Leading Indicators of Bank Fragility, Journal of Money, Credit and Banking, vol. 38 no 2: pp. 399-428.
- Illanes, G., Pena, A. y Sosa, A. (2014). Un modelo macroeconómico del riesgo de crédito en Uruguay. En, BCU, Documento de trabajo No. 002-2014
- Kozak, M., Meyer, A. y C. Gautier (2012), Using the Contingent Claims Approach to Assess Credit Risk in the Canadian Business Sector. En, Bank of Canada, Financial System Review, Decembe
- Merton, R. (1974). On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. Journal of Finance, No. 29, 449-70.
- Nier, E. W. (2009). Financial Stability Frameworks and the Role of Central Banks: Lessons from the Crisis. IMF Working Paper WP/09/70, IMF, 24-25.
- Pagliacci, C. y Moreno, M. (2011). Análisis de riesgo macro-financiero para Venezuela. Serie Documentos de Trabajo del banco Central de Venezuela, No. 123
- Saldías, M. (2012). Systemic Risk Analysis Using Forward –Looking Distance – To-Deafult series. En, Working Papers, Banco de Portugal, Nº 16, Septiembre 2012
- Smaga, P. (2014). The Concept of Systemic Risk. The London School of Economics and Political Science, Special Paper Series No. 5, p. 1-29
- Steinbacher, M, Steinbacher, M. y Sainbacher M. (2016). Robustness of banking networks to idiosyncratic and systemic shocks: a network-based approach. Journal of Economic Interaction and Coordination, Forthcoming, Vol. 11, No- 1, p. 95-117
- Tudela, M. and Young, G. (2003), A Merton-model Approach to Assessing the Default Risk of UK Public Companies, Bank of England Working Papers 194, Bank of England.
- Upper, C. (2011). Simulation methods to assess the danger of contagion in interbank markets. Journal of Financial Stability, Vol. 7, No. 3, p. 111-125