MANEJO DE RESERVAS CONTINGENTES: UN MARCO APLICADO*

*Ricardo J. Caballero G.***
*Stavros Panageas****

I. Introducción

Uno de los problemas más serios que puede enfrentar el banco central de una economía emergente es la reversión repentina de sus flujos de capitales. Si bien se pueden acumular reservas internacionales para morigerar su impacto (ver, por ejemplo, Lee, 2004), rara vez son suficientes y siempre son caras de mantener.

En Caballero y Panageas (2004) derivamos y estimamos un modelo cuantitativo para evaluar la estrategia de administración de reservas (no contingentes) típicamente utilizada por los bancos centrales. Nuestra conclusión es que esta estrategia es claramente inferior a otra que incluya activos correlacionados con los *sudden stops*. Por ejemplo, mostramos que si se tienen contratos relacionados con el índice de volatilidad implícita (VIX) del S&P100, se puede lograr una importante reducción del costo promedio de un *sudden stop*.

Este resultado no debe sorprender a los inversionistas conocedores de los fondos de cobertura y otros grandes inversionistas. Salvo para eventos muy frecuentes, dentro de los cuales no se encuentran los *sudden stops*, un inversionista institucional rara vez inmoviliza una cantidad grande de recursos líquidos para hacer frente a cambios bruscos en la volatilidad y aversión al riesgo. El uso de derivados, y en particular la creación del VIX, está pensado precisamente como cobertura contra estos riesgos. ¿Por qué los bancos centrales —que aparte de ostentar el mandato de aplicar la política monetaria, son las instituciones públicas de administración de riesgo por excelencia— no adoptan las mejores prácticas de manejo de riesgo?

En este trabajo analizamos este punto en el contexto de un modelo más simple que permite separar el manejo de portafolio del problema de manejo de reservas. Estimamos los principales parámetros del modelo a partir del comportamiento conjunto de los *sudden stops* y el VIX, que luego usamos para generar portafolios óptimos. Mostramos que, en un escenario ideal, en el que el país y los inversionistas pueden identificar los saltos del VIX y existen opciones de compra ("call options") sobre estos, una economía emergente promedio puede esperar tener hasta 40 por ciento más de reservas para hacer frente a un *sudden stop* que si la cartera de activos de su banco central no incluye dichas opciones.

La principal razón tras esta importante ganancia es la estrecha relación que hemos identificado entre los saltos del VIX y los *sudden stops*. Calculamos que cuando se ha observado un salto en el VIX un *sudden stop* es alrededor de *tres veces más probable* que si tal salto no ha ocurrido. Otra dimensión de este mismo hallazgo, pero que da cuenta más directa de las virtudes del VIX como instrumento de cobertura, es que la probabilidad de que el VIX dé un salto cuando no hay un *sudden stop* en un mercado emergente es de poco más de 30%, pero esta sobrepasa el 70% cuando en ese mismo año si ocurre un *sudden stop*.

La sección II contiene un simple modelo estático de manejo de portafolio de un banco central preocupado por los *sudden stops*. La sección III presenta la solución del modelo bajo distintos supuestos sobre las oportunidades de cobertura. La sección IV trata temas de implementación. La sección V cuantifica el modelo, partiendo por ilustrar el comportamiento del VIX y su coincidencia con *sudden stops* en mercados emergentes, representados por nueve países: Argentina, Brasil, Chile, Corea del Sur, Indonesia, Malasia, México, Tailandia y Turquía. Luego estima

* Traducido por María C. Edwards con la aprobación de los autores. Se agradece la excelente colaboración de Fernando Duarte y José Tessada.
** Massachusetts Institute of Technology y National Bureau of Economic Resarch, EE.UU. E-mail: caball@mit.edu.
*** University of Pennsylvania, EE.UU. E-mail: panageas@wharton.upenn.edu.

los distintos parámetros del modelo y muestra carteras óptimas para un rango de parámetros. La sección VI documenta el efecto de las distintas estrategias de cobertura sobre la disponibilidad de reservas durante *sudden stops*. La sección VII presenta algunos comentarios finales.

II. Marco Básico

Nuestro análisis se centra en las decisiones de inversión de un banco central que trata de minimizar el costo real de un *sudden stop* en los influjos de capitales. Nuestro propósito es entregar un modelo simple que aísle el problema de manejo de portafolio asociado con tal objetivo. Referimos al lector a Caballero y Panageas (2004), donde encontrará un modelo dinámico que incluye una discusión sobre la trayectoria óptima de las reservas, y que incorpora también las fricciones microeconómicas subyacentes a los *sudden stops*. De ese estudio tomamos que, cuando ocurre un *sudden stop*, la capacidad de un país de usar su riqueza para el consumo corriente se reduce de manera ostensible. La implicación inmediata de dicha restricción es *un brusco aumento del valor marginal de una unidad adicional de reservas.*

El modelo incluye dos períodos: el período 0, cuando se toman las decisiones de cartera, y el período 1, cuando se realizan los retornos a los activos y puede ocurrir un *sudden stop*. Suponemos que el objetivo del banco central tiene la forma:

$$\max_{R_0,\pi} \quad -\frac{\alpha}{2} E\left[\left(R_1 - K - 1\{SS\}Z\right)^2\right], \tag{1}$$

donde R_1 denota las reservas totales en el período 1. K 0 es el nivel "objetivo" de reservas en el período 1, que suponemos es constante, y captura los motivos para mantener reservas distintos del miedo (a corto plazo) a un *sudden stop* como el que hemos venido enfatizando. Desviarse de este monto es costoso: quedarse corto significa que el banco central no puede cumplir con sus objetivos de forma adecuada. De igual modo, un exceso de reservas implica costos de acumulación (que, entre otras cosas, captura la diferencia entre la tasa de interés de captación y colocación, la pendiente de la curva de rendimiento, etc.). La expresión $1\{SS\}Z$ se compone de dos términos: una variable binaria, $\mathbf{1}\{SS\}$, que toma el valor 1 si ocurre un *sudden stop* (SS) y 0 si no, y una constante, $Z > 0$, que indica la necesidad de fondos mientras este dura. Esta constante captura cuánto se desplaza la utilidad marginal de la riqueza cuando ocurre el *sudden stop*. En consecuencia, dada la estructura del problema de optimización, el banco central desea transferir reservas a los estados cuando ocurre un *sudden stop*. El problema (1) se resuelve sujeto a las siguientes restricciones:

$$R_0 = \pi P_0 + B_0 \tag{2}$$

$$R_1 = B_1 + \pi P_1 ,$$

donde R_0 es el nivel inicial de reservas, π es la cantidad de instrumentos de riesgo en la cartera del banco central, P_0 es el precio de los mismos y P_1 es el pago (estocástico) de estos activos en $t = 1$. B_0 es el monto en bonos no contingentes en la cartera del banco central, cuya tasa de interés fijamos en 0 por simplicidad, de modo que $B_1 = B_0$, y

$$R_1 = R_0 + \pi (P_1 - P_0) .$$

Reemplazando esta expresión en (1) y calculando las condiciones de primer orden con respecto a R_0 y π, obtenemos:

$$R_0 = K + \Pr(SS)Z \tag{3}$$

$$\pi = Z \frac{\operatorname{cov}(1\{SS\}, P_1)}{\operatorname{var}(P_1)}, \tag{4}$$

donde hemos quitado el término correspondiente al portafolio de Merton suponiendo un precio neutro al riesgo justo para el activo riesgoso (un supuesto que se mantiene en todo el ejercicio):

$$E[P_1] = P_0 .$$

A estas alturas, vale la pena hacer tres observaciones acerca de este escenario simple. La primera es que el banco central tiene aversión a acumular demasiadas reservas. Si $Z = 0$ y $K = 0$, entonces $R_0 = 0$. En estas circunstancias, el banco central alcanza el máximo de su función objetivo. Nuestra mayor preocupación en este artículo se relaciona con las reservas que obedecen a la posibilidad de un *sudden stop*, $Z > 0$.

La segunda observación es que el nivel de reservas invertidas en el período 0, R_0, es independiente del portafolio, π, o de las propiedades del activo riesgoso. La razón para ello es la propiedad de *equivalente cierto* del modelo cuadrático. De hecho, con preferencias más generales que exhiben un motivo de prudencia, como CRRA,[1] un aumento de la cobertura (π) reduce el monto total de reservas en cartera (Caballero y Panageas, 2004).

La tercera observación —y la más importante— es que no se mantienen activos riesgosos si P_1 no está correlacionado con el *sudden stop*, $1\{SS\}$. Solo se mantienen activos riesgosos en la cartera de valores en la medida en que consigan crear una retribución atractiva durante el *sudden stop*, esto es, siempre que:[2]

$$E[P_1 \mid SS=1] > E[P_1 \mid SS=0].$$

III. De Reservas Convencionales a Instrumentos de Cobertura

Se puede caracterizar la solución para algunos casos de especial interés. Nuestro primer caso descarta una cobertura total, lo que no se aleja mucho de la realidad. El segundo es un escenario tipo Arrow-Debreu, donde se pueden suscribir contratos condicionados al *sudden stop*; este captura el extremo opuesto. El tercero es un caso intermedio, que permite "aproximar" la cobertura mediante contratos que tienen correlación, aunque no perfecta, con los *sudden stops*.

1. Sin Cobertura

Supongamos que fijamos $\pi = 0$ para el caso base y eliminamos la optimización con respecto a π. Luego, obviamente,

$$B_0 = R_0 = K + \Pr(SS)Z \,. \tag{5}$$

Tal como cabría esperar, la posibilidad de un *sudden stop* induce al país a acumular reservas por encima de su nivel objetivo, K. Probablemente esta sea una de las razones principales por las que Chile, por ejemplo, mantiene cuatro o cinco veces las reservas de Australia o Canadá.

2. Cobertura con Instrumentos Arrow-Debreu

Tomando el caso extremo, supongamos que existe un activo que paga:

$$\begin{cases} 1 & si \;\; SS=1 \\ 0 & si \;\; SS=0 \end{cases}$$

En este caso, nuestro supuesto de precio justo implica que:

$$P_0 = \Pr(SS)$$

Usando la ecuación (4), y el hecho de que en este caso

$$\operatorname{cov}(1\{SS\}, P_1) = \operatorname{var}(1\{SS\}) = \operatorname{var}(P_1),$$

concluimos que

$$\pi = Z \,. \tag{6}$$

Utilizando esta expresión en (2) y (3), obtenemos:

$$B_0 = K + \Pr(SS)(Z - \pi) = K \,.$$

No es de sorprender que, con activos Arrow-Debreu perfectos (y precios justos) el banco central se cubra totalmente contra el riesgo de *sudden stop*, de modo que:

$$R_1 - 1\{SS\}Z = B_0 = K$$

Ahora podemos expresar la cartera de activos Arrow-Debreu como proporción del total de reservas:

$$\phi = \frac{\pi P_0}{R_0} = \frac{\Pr(SS)Z}{K + \Pr(SS)Z} \,.$$

En el interesante y particular caso en que $K = 0$ (el país determina que lo óptimo es no mantener reservas en ausencia de *sudden stops*), tenemos que:

$$\phi = 1,$$

es decir, todos los recursos están invertidos en activos Arrow-Debreu.

3. El Caso Intermedio

En la vida real no se ven instrumentos Arrow-Debreu ni contratos condicionales a un *sudden stop* (al menos no en cantidad suficiente como para aislar al país de

[1] *Preferencias con aversión relativa al riesgo constante.*
[2] *Donde hemos normalizado los activos de modo que en caso de ser mantenidos, será en cantidades positivas.*

ella). Hay buenas razones para ello: en la práctica, es improbable que el propio *sudden stop* pueda ser escrito y especificado en un contrato, dado que su ocurrencia puede depender de acciones e información privada de un país. En consecuencia, la relevancia en la práctica del modelo simple aquí propuesto depende en forma crucial de si existen activos y estrategias de compra que puedan funcionar como buenos sustitutos de los activos que hemos idealizado más arriba. Podemos desarrollar una extensión simple del mundo de Arrow-Debreu ya descrito, incorporando un activo que paga 1 cuando ocurre un hecho que llamamos J, y que corresponde, por ejemplo, a una caída por una vez del precio de algún activo. Introducimos la siguiente notación:

$$\psi^h = \Pr(SS = 1 | J = 1)$$
$$\psi^l = \Pr(SS = 1 | J = 0)$$
$$\eta = \Pr(J = 1)$$
$$\psi = \Pr(SS = 1) = \eta\psi^h + (1-\eta)\psi^l$$

y suponemos que

$$0 \le \psi^l \le \psi^h \le 1 .$$

En este caso, al país le resulta subóptimo invertir todos sus activos en instrumentos riesgosos, pero en general desea invertir una fracción, siempre que

$$\psi^h > \psi^l .$$

El nuevo problema de optimización nos entrega:

$$\pi = Z\frac{(\psi^h - \psi)}{(1-\eta)} = Z(\psi^h - \psi^l) \tag{7}$$

y $\quad B_0 = K + \psi Z - \pi\eta$.

Como se puede apreciar, estas fórmulas engloban las anteriores. Si $\psi^h = \psi^l$, los dos indicadores son independientes y, por lo tanto, $\pi = 0$. Sin embargo, si $\psi^h \to 1$ y $\psi^l \to 0$, se desprende que $\psi \to \eta$ y el país se asegura totalmente contra el *sudden stop*. Sin necesidad de ir tan lejos, al banco central le parece óptimo asegurarse parcialmente contra un *sudden stop* con reservas no contingentes: si $\psi^h < 1$, hay una posibilidad de que el activo riesgoso no rinda durante el *sudden stop*. Y si $\psi^h < 1$ $\psi^l > 0$, el país paga por protección que no necesita, el activo riesgoso entrega recursos cuando no son necesarios.[3]

Obsérvese que, como porcentaje de las reservas totales, la cartera de activos riesgosos representa:

$$\phi = \frac{\pi P_0}{R_0} = \frac{Z\eta}{R_0}(\psi^h - \psi^l).$$

Esta expresión tiene una interpretación natural. Sea $x \in [0, 1]$ un indicador de la proporción de reservas asignadas a prevenir *sudden stops* en el futuro cercano:

$$x = \frac{\psi Z}{K + \psi Z} .$$

Por la utilidad cuadrática, este número es independiente de los instrumentos de cobertura (nótese que las propiedades de J no afectan a este número). Luego, la cartera óptima es:

$$\phi = x\frac{\eta}{\psi}(\psi^h - \psi^l). \tag{8}$$

En otras palabras, la cartera se compone de tres términos: el primero es la fracción de reservas utilizada para prevenir *sudden stops*, x.[4] El segundo captura la frecuencia relativa de los saltos y los *sudden stops*; cuando aumenta, también sube el precio del seguro. El tercero es la diferencia entre la probabilidad de un *sudden stop* condicional a que ocurra y no ocurra un salto. Este último término captura la capacidad del activo riesgoso de transferir recursos a los estados donde más se les necesita.

Dividiendo ϕ por x aísla la porción que ocupa el activo riesgoso en el componente de las reservas que se usa para cubrirse de *sudden stops*. Este es el concepto en el que ponemos el énfasis de aquí en adelante, al fijar $x = 1$ (o $K = 0$).

[3] *Cabe destacar que, con utilidad cuadrática, basta que $\psi^l = 0$ y $\psi^h > 0$ para que el país invierta todo su portafolio en el activo riesgoso (para $K = 0$). La proximidad de ψ^h a 1 sólo determina cuánta cobertura se logra con esta estrategia.*

[4] *Nótese que nuestro sentido de prevención difiere del de García y Soto (2005), según el cual se necesita un stock de reservas para evitar corridas sobre el país. Su concepto está capturado en nuestro K fijo, aunque si las corridas se asocian a factores que se traducen en una estrechez en los mercados financieros internacionales, entonces este término también tendría que analizarse como decisión óptima de cartera.*

IV. Implementación

Ahora llevemos el análisis un paso adelante hacia activos más cercanos a los observados en la realidad. Con tal fin, comenzamos por especificar una variable de estado, s_t, correlacionada con las paradas repentinas pero que no está bajo el "control" del país. Suponemos que s_t evoluciona según la siguiente ecuación diferencial estocástica (discretizada):

$$s_{t+1} - s_t = \mu(s_t)\Delta t + \sigma N(0,1)\sqrt{\Delta t} - \varepsilon dJ_1, \qquad (9)$$

donde $\mu(s_t)$ es la tendencia (la media de la tasa de apreciación de la variable de estado), y σ es la volatilidad. Lo más interesante de esta expresión es el proceso de salto, dJ_1, que es siempre cero salvo en el período 1, en que es igual a 1 con probabilidad η, en perfecta analogía con el escenario de la sección III.3. Finalmente, ε es una variable aleatoria con distribución normal con media $\mu_\varepsilon > 0$ y desviación estándar σ_ε.

1. Opciones de Compra

Dado el marco anterior, consideramos la siguiente pregunta: ¿existe una estrategia simple que pueda "crear" un activo del tipo concebido en la sección III.3 suscribiendo contratos contingentes a s_t? La respuesta es sí. Para verlo, tomamos el límite en tiempo continuo de (9) y planteamos un contrato con un banco de inversión o asegurador al que el banco central paga un monto, κdt, a cambio de cada dólar recibido si s_t exhibe un salto en $t = 1$. En tiempo continuo tal contrato está bien definido. En realidad, se puede aproximar suscribiendo una secuencia de opciones "digitales" apropiadas. Más aún, tales opciones se pueden aproximar bien con opciones de compra y venta regulares que cuestan ηdt por unidad de tiempo. El costo de una posición tal por todo el período es:

$$\int_0^1 \eta dt = \eta ,$$

y el pago es 1 si el salto ocurre en $t = 1$, y cero si no. Nótese que esta estrategia también es factible si se extiende el modelo al caso en que puede ocurrir un salto en s_t en cualquier momento τ, como en Caballero y Panageas (2004). De hecho, este es el proceso que estimamos en la sección empírica.

En conclusión, esta secuencia de opciones "digitales" de corto plazo es, para todos los efectos prácticos, idéntica al contrato descrito en la sección III.3.[5]

2. Contratos de Futuros

Veamos ahora los contratos simples de futuros. Si los inversionistas son neutrales al riesgo con respecto al riesgo de s_t, se puede convenir un contrato de futuros sobre s_t con vencimiento en $t = 1$ al "precio" futuro de

$$P_0 = E[s_1],$$

con retorno

$$s_1 - E[s_1 \mid s_0].$$

El pago esperado de tal posición en $t = 1$ es aproximadamente[6]

$$\tilde{v} \sim N(-\eta\mu_\varepsilon, \sigma) + 1\{J\}N(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon),$$

donde $1\{J\}$ corresponde a una función indicativa que toma el valor 1 cuando ocurre un salto en la variable de estado, y 0 en caso contrario.

Es importante subrayar que los futuros tienen precio cero. Sin embargo, para que el análisis sea comparable con los resultados de la sección III.3, incorporamos una leve variación al contrato de futuros y suponemos que el país debe pagar $\eta\mu_\varepsilon$ al contado por cada contrato que suscribe a cambio de un pago de

$$v \sim N(0,\sigma) + 1\{J\}N(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon).$$

En consecuencia, la solución al problema (1) en este caso es

$$\pi\mu_\varepsilon = Z\frac{\psi^h - \psi}{\left(\dfrac{\sigma^2 + \eta\sigma_\varepsilon^2}{\eta\mu_\varepsilon^2} + 1 - \eta\right)}$$

$$= Z\frac{1-\eta}{\left(\dfrac{\sigma^2 + \eta\sigma_\varepsilon^2}{\eta\mu_\varepsilon^2} + 1 - \eta\right)}(\psi^h - \psi^l) \quad ;$$

$$B_0 = K + \psi Z - \pi\eta\mu_\varepsilon$$

[5] Para una discusión más extensa sobre estos temas, véase Caballero y Panageas (2004).

[6] Para que el argumento de esta sección sea exacto, se necesita un modelo de tiempo continuo.

Varias observaciones respecto de π merecen ser mencionadas. Primero, se puede fijar $\mu_\varepsilon = 1$ sin perder generalidad, puesto que el monto en dólares invertido en el activo riesgoso es $\pi\mu_\varepsilon$ a un precio de η por dólar invertido. Cabe destacar, además, que el lado derecho depende únicamente de los ratios (σ/μ_ε) y $(\sigma_\varepsilon/\mu_\varepsilon)$. En consecuencia, en adelante establecemos $\mu_\varepsilon=1$ y denotamos $\tilde{\sigma} = \sigma/\mu_\varepsilon$,y en forma similar para $\tilde{\sigma}_\varepsilon$, $\tilde{\pi}$. Así, para el monto en dólares tenemos

$$\tilde{\pi} = Z(\psi^h - \psi^l)\frac{1-\eta}{\frac{\tilde{\sigma}^2}{\eta} + \tilde{\sigma}_\varepsilon^2 + 1 - \eta}. \tag{10}$$

Comparando (10) con (7) podemos observar que el monto invertido en activos riesgosos disminuye al pasar de opciones digitales definidas sobre J a futuros simples, pues el denominador es mayor en (10). La razón entre ambos portafolios es

$$\frac{1-\eta}{\frac{\tilde{\sigma}^2}{\eta} + \tilde{\sigma}_\varepsilon^2 + 1 - \eta} < 1, \tag{11}$$

que disminuye cuando $\tilde{\sigma}$ o $\tilde{\sigma}_\varepsilon$ aumentan. Esto es intuitivo: mientras más ruido hay en las oportunidades de cobertura, menos atractivas resultan estas para un banco central averso al riesgo. Nótese que también el portafolio ϕ es atenuado por la fracción expuesta en (11).

En resumen, tenemos que para justificar la adición de un activo riesgoso a la cartera del banco central, los *sudden stops* deben ser severos y el activo riesgoso debe estar suficientemente correlacionado con estos eventos. Por el otro lado, cabe destacar que ni la causalidad ni la posibilidad de predecir *sudden stops* y/o retornos forma parte del argumento para un π positivo.

V. Evaluación Cuantitativa

Resulta difícil oponerse al argumento teórico a favor de la cobertura; entonces, la pregunta pertinente es empírica: ¿existen instrumentos financieros globales e índices que ofrezcan posibilidad de cobertura contra *sudden stops* suficientemente buenas? Obviamente, la respuesta es en gran parte específica a cada país, ya que no todas las economías emergentes están expuestas a las mismas debilidades. Nuestra meta en esta sección es más modesta, pero a la vez más robusta: antes que mostrar una serie de casos específicos, mostramos que existe al menos un activo global cuya correlación con las crisis de los mercados emergentes es significativa y, lo que es más importante, a falta de una alternativa mejor específica por país, este activo global debería ocupar parte importante de los portafolios de dichas economías.

1. Fundamentos: *Sudden Stops* y Saltos

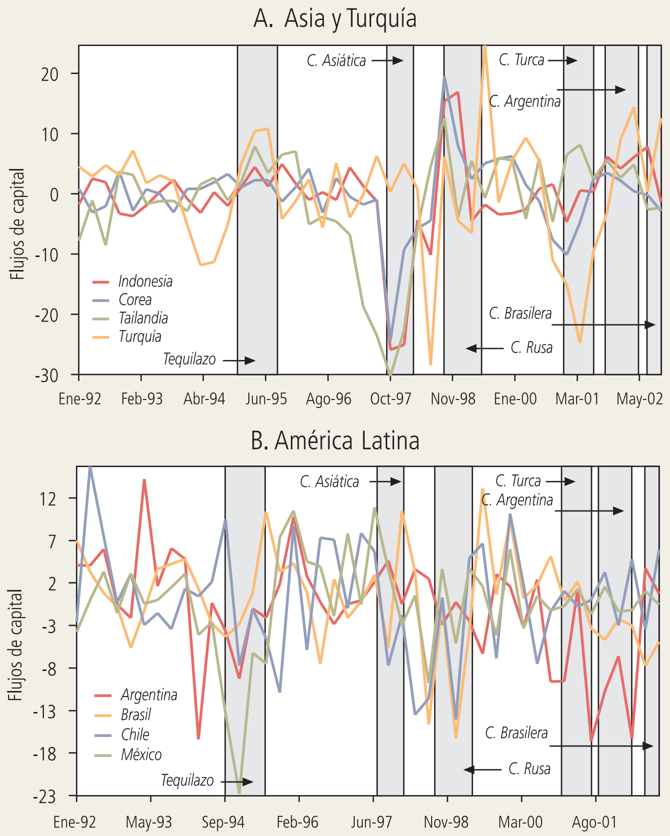
Estudiamos un conjunto de nueve economías emergentes, abiertas a los mercados de capitales del mundo durante los años noventa y para las que hay datos completos:[7] Argentina, Brasil, Chile, Indonesia, Corea del Sur, Malasia, México, Tailandia y Turquía. Estos países son representativos de lo que comúnmente se conoce como “mercados emergentes.” Nuestra mayor exclusión es el grupo de países de Europa Oriental y Central, que cobraron importancia en el escenario financiero internacional en la segunda mitad de los noventa, pero durante gran parte de nuestro período muestral experimentaron problemas bastante particulares.

Lo primero que hay que subrayar es el sabido hecho de que hay una importante correlación en los flujos de capitales privados hacia estas economías. El gráfico 1 separa en dos paneles las trayectorias del cambio en los flujos de capital —más exactamente, la diferencia entre promedios móviles de cuatro trimestres para flujos de capitales trimestrales— para cada una de estas economías de 1992 al 2002. Las zonas sombreadas indican los períodos correspondientes a las crisis, más sistémicas, de México (el “Tequilazo”), Asia y Rusia, y la secuencia de las crisis algo menos sistémicas que sacudieron a Turquía, Argentina y Brasil. Puede apreciarse en el gráfico que existe correlación significativa entre flujos, especialmente al interior de una misma región. Turquía se sitúa en algún punto intermedio. Estos comovimientos son alentadores, pues señalan la posibilidad de encontrar factores globales correlacionados con las paradas repentinas.

[7] *Con la excepción de Malasia, para la que no tenemos flujos trimestrales de capitales.*

GRÁFICO 1

Flujos de Capitales a Países de la Muestra

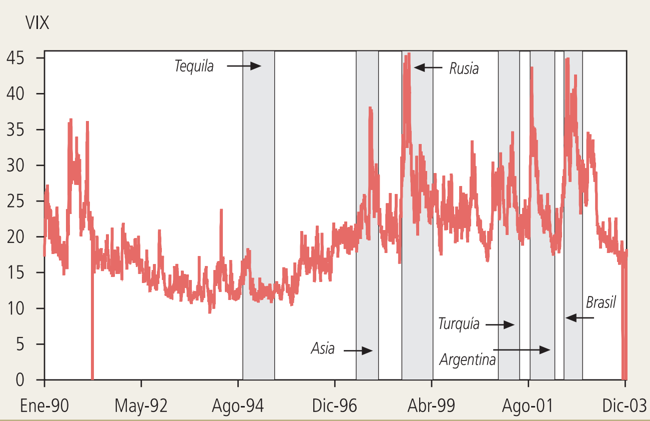


Crisis (áreas sombreadas): Tequilazo: 1 Oct 1994 - 30 jun. 1995; Asiática: 1 jul. 1997 - 31 dic. 1997; Rusa: 1 Ago. 1998 - 30 abr. 1999; Argentina: 1 sep. 2001 - 31 mar. 2002; Tequila: 1 jul. 2002 - 30 nov. 2002.

Las series corresponden a la diferencia del promedio móvil de 4 trimestres de los flujos de capitales con respecto al valor en el mismo período del año previo. Las áreas sombreadas muestran los períodos donde ocurrieron crisis importantes.

GRÁFICO 2

Valores Diarios del VIX



Las áreas sombreadas muestran los períodos con las crisis más importantes.

El segundo punto, y más importante, es que hay efectivamente factores globales fáciles de identificar — de hecho, factores *transados* en mercados— que se correlacionan con *sudden stops* en mercados emergentes. La clave para encontrarlos es darse cuenta de que estos episodios por lo general se perciben como épocas en que los inversionistas se muestran renuentes a invertir en mercados riesgosos. El VIX captura precisamente esta renuencia y está disponible para EE.UU. desde 1986. Este es un índice de la "volatilidad implícita" en opciones de compra y venta (típicamente ocho) escritas en el S&P 100. (La volatilidad implícita se calcula usando la fórmula de Black y Scholes (1973) para determinar el grado de volatilidad que sería compatible con los precios observados de opciones. El gráfico 2 reproduce las áreas sombreadas correspondientes a las zonas donde ocurrieron los *sudden stops* descritos en el gráfico anterior, y muestra los valores diarios del VIX. Se puede apreciar que algunos de los "saltos" más pronunciados del VIX ocurrieron precisamente durante un *sudden stops*. De hecho, la única crisis sistémica que no coincide con un salto es el Tequilazo, que muestra un aumento del VIX pero no de un tamaño suficiente para ser considerado dentro de los saltos.

En la siguiente sección se documenta formalmente el comportamiento conjunto de los *sudden stops* y los saltos del VIX. Pero antes conviene adentrarse con más detalle en el desempeño del VIX durante las dos peores crisis sistémicas de los noventa (la asiática y la rusa). El panel superior del gráfico 3 ilustra la trayectoria del VIX durante las dos últimas semanas de octubre de 1997 (cuando comenzó la Crisis Asiática), y el inferior ilustra la misma trayectoria para agosto-septiembre de 1998, el punto culminante de la crisis rusa/LTCM. En esos episodios el VIX fue de más de 30 y 45 por ciento, respectivamente, los que se acercan a los máximos niveles del índice. En apenas unos días, el VIX se duplicó.

Por último, el gráfico 4 refuerza el mensaje de alta correlación al ilustrar la trayectoria del VIX con el EMBI para tres de las economías emergentes más frágiles de los últimos años: Argentina, Brasil y Turquía. Una vez más, queda claro que el EMBI cae cuando el VIX tiene estas alzas bruscas.[8] Una variable cuyo principal propósito es capturar el "sentimiento" de los inversionistas de los mercados accionarios estadounidenses, curiosamente tiene una alta correlación con la suerte de las economías emergentes. Esta situación trae a la luz otro importante aspecto de nuestra metodología, según el cual el único requisito para que una variable como el VIX sirva como cobertura, es que haya un cambio en la probabilidad condicional de tener también una crisis en el mercado emergente. No hablamos de *causalidad*, sino de *correlación*.

Para concluir esta sección, insistimos en que no estamos planteando que los factores internos no juegan un papel esencial en una crisis. Muy por el contrario, elegimos Argentina, Brasil y Turquía en el gráfico justamente porque su propia debilidad los hace responder más a los factores globales. No se debe olvidar que este efecto acumulativo más aumenta que reduce la necesidad de cubrirse contra factores globales de riesgo.

2. Cuantificación

Ahora nos centramos en el análisis estructural de las correlaciones destacadas más arriba.

Estimación del proceso VIX

Para operacionalizar el modelo de la sección previa, definimos *log(VIX)* como la variable de estado, s_t, que sigue el proceso de tiempo continuo

$$ds_t = -\theta[s_t - y]dt + \sigma dB_t + \varepsilon dJ_t .$$

[8] *Los datos de EMBI provienen de* Datastream. *Obsérvese que el colapso argentino (permanente) también coincide con un repunte del VIX.*

GRÁFICO 3

Valores Diarios del VIX en las Semanas Cercanas a las Mayores Crisis Financieras Internacionales

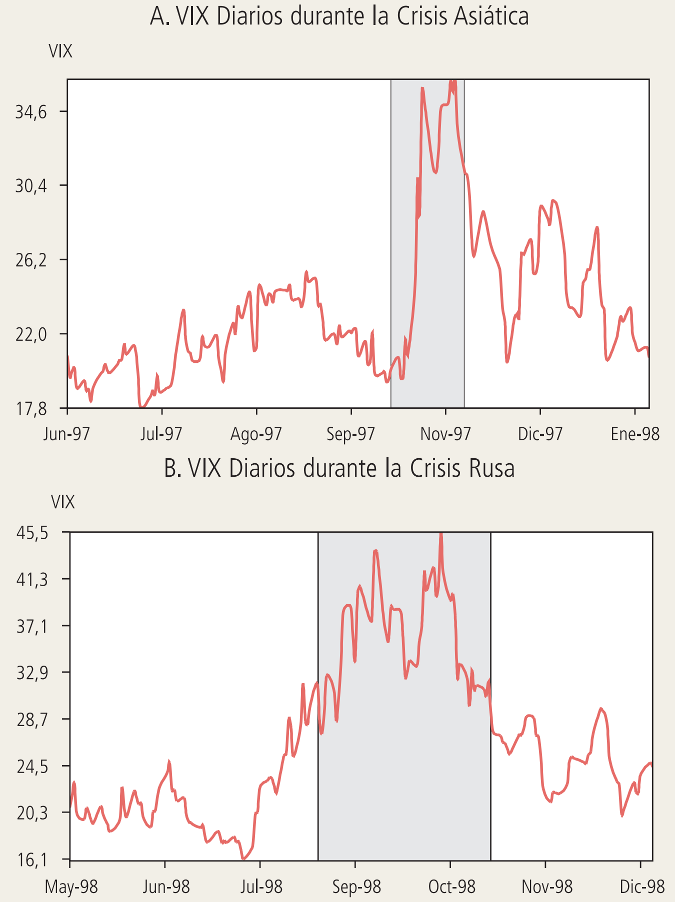
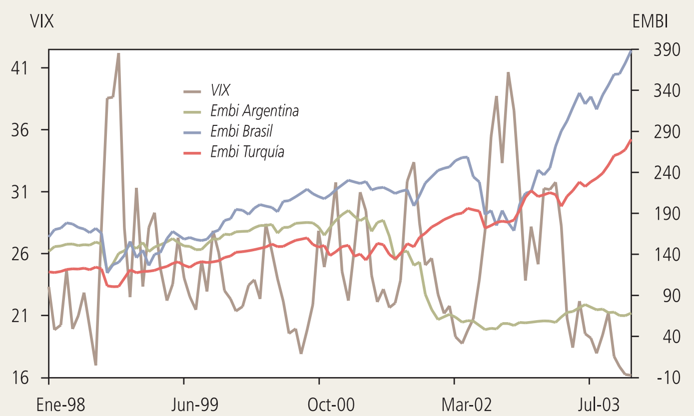


GRÁFICO 4

El VIX y el EMBI para Argentina, Brasil y Turquía



Las áreas sombreadas muestran los períodos con las crisis más importantes.

Este es el límite en tiempo continuo de (9), pero con la modificación de que en cualquier momento del tiempo puede ocurrir un salto.[9] La forma funcional, $\mu(s_t) = -\theta(s_t - y)$, corresponde a un proceso AR(1) en tiempo discreto para s_t. Por lo tanto, partimos por estimar un proceso AR(1) para log(VIX) con datos mensuales enfocándonos en los residuos, v, que para Δt pequeño se distribuyen aproximadamente

$$v \sim (1-p)N\left(-\eta\mu_\varepsilon \Delta t, \sigma\sqrt{\Delta t}\right) + pN(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon).$$

Dado que tenemos muy pocas observaciones con salto, identificamos estos mediante inspección directa; este proceso nos entrega $\eta = 0.417$, y entonces $p = 1 - e^{-\eta\Delta t}$. El resto de los parámetros se estima mediante máxima verosimilitud aplicada a la combinación de dos distribuciones normales (cuadro 1).

CUADRO 1

Parámetros Estimados para Valores Mensuales del VIX

Parámetro	η	μ_ε	σ	σ_ε
Estimación	0.417	0.356	0.353	0.047

CUADRO 2

Estimación de ψ, ψ^h y ψ^l

País	ψ	ψ^h	ψ^l
Argentina	0.42	0.80	0.14
Brasil	0.42	0.60	0.29
Chile	0.17	0.40	0.00
México	0.17	0.00	0.29
Indonesia	0.17	0.40	0.00
Corea del Sur	0.08	0.20	0.00
Malasia	0.25	0.40	0.14
Tailandia	0.17	0.40	0.00
Turquía	0.33	0.60	0.14
Promedio	0.24	0.41	0.11
Países de alto riesgo	0.39	0.67	0.19
Asia oriental	0.17	0.35	0.04

a. ψ^h se estima como el número de años en que se observa a la vez un salto del VIX y un sudden stop *en el país, divididos por el número de saltos en el VIX. Por simetría, ψ^l es el ratio entre el número de años en* sudden stop *en que no hubo salto, y el número de años totales sin salto. Para determinar si el* sudden stop *y el salto coinciden, abrimos una ventana de dos trimestres alrededor de la fecha en la que identificamos el salto, porque este ocurre con más frecuencia que los* sudden stops*. Con las estimaciones de η, ψ^l, y ψ^h, obtenemos la estimación de ψ que aparece en la primera columna del cuadro.*

Probabilidad de sudden stop

Los resultados de la sección anterior sugieren la presencia de cinco saltos en el VIX de la muestra: la guerra del Golfo, la Crisis Asiática, la Crisis Rusa, los atentados terroristas del 11 de septiembre del 2001 y las crisis simultáneas en Turquía y Brasil, además de los escándalos corporativos en Estados Unidos. Condicional a estos saltos, calculamos la probabilidad de que un país experimente un *sudden stop*. Identificamos una observación como *sudden stop* si tiene a la vez una reversión del flujo de capitales y una pérdida de reservas (ver Caballero y Panageas, 2004). Es primordial para que una observación cuente como *sudden stop*, la entrada de capitales tiene que caer en al menos 5% del PIB respecto de los flujos durante los dos años previos, y las reservas tienen que estar disminuyendo. Este procedimiento permite estimar ψ^h y ψ^l para cada país. Luego estimamos ψ (cuadro 2) a partir de la relación

$$\psi = \eta\psi^h + (1-\eta)\psi^l.$$

Nótese que las estimaciones específicas para cada país son muy imprecisas, pues corresponden al producto de variables binarias con muy pocas transiciones en cada caso.[10] Por esta razón juntamos las observaciones, lo que nos da los resultados que aparecen en la fila de *Promedios*. También mostramos los resultados para dos subcategorías: las economías de alto riesgo (Argentina, Brasil y Turquía) y las de Asia oriental. El primer grupo contiene las economías de la muestra con la mayor probabilidad de sufrir un *sudden stop*.

La estimación conjunta indica que, para la economía emergente promedio, la probabilidad de vivir una crisis en un momento en que el VIX ha dado un salto, es

[9] *Esta alteración no es grave si se entiende el "horizonte" del modelo de decisión como a un año y que la probabilidad de que ocurra más de un salto en un mismo año es baja.*

[10] *El caso de México es especialmente elocuente. La estimación de $\psi^h = 0$ pasa por alto el hecho de que mientras México no sufrió una reversión fuerte de su flujo de capitales durante las crisis de Rusia, LTCM y Brasil, sus índices accionarios venían cayendo en forma bastante drástica, lo que refleja que en la época estaba experimentando bastante presión, pero el mercado se ajustaba por la vía de los precios antes que de las cantidades. Chile y los países del Asia oriental tienen un $\psi^l = 0$ porque identificamos solo un* sudden stop *para cada uno y efectivamente observamos un salto del VIX durante el mismo período.*

CUADRO 3

Portafolios Representativos de Opciones y Futuros

País	ϕ (Opciones)	ϕ (Futuros)
Argentina	0.66	0.13
Brasil	0.31	0.06
Chile	1.00	0.20
México	0.00	0.00
Indonesia	1.00	0.20
Corea del Sur	1.00	0.20
Malasia	0.43	0.08
Tailandia	1.00	0.20
Turquía	0.57	0.11
Promedio	0.53	0.10
Países de alto riesgo	0.51	0.10
Asia oriental	0.79	0.16

cerca de cuatro veces la probabilidad de vivir una crisis si no lo ha dado. Una vez más no hablamos de causalidad, sino de correlación. Cuando el VIX sufre un salto, la economía emergente típica tiene una probabilidad de 41% de sufrir un *sudden stop*, cifra que cae a 11% cuando el VIX está en niveles normales.

Portafolios representativos de VIX y ganancias de reservas

Con estos resultados, podemos operacionalizar las fórmulas (8) y (11) para estimar las carteras implícitas del modelo. Nuevamente las cifras específicas por país son muy imprecisas, por lo que es preferible fijar la atención en los resultados conjuntos. El Cuadro 3 muestra los portafolios.

Los valores de ϕ son grandes. Los contratos de futuros muestran una participación de activos riesgosos de 10% o más para las distintas categorías, a pesar de que el VIX trae mucho ruido. Al sacar este ruido y seguir la estrategia de las opciones de compra, la participación sube a más de 50% en todos los casos, y se acerca a 80% en las economías asiáticas. ¿Por qué es tan alta esta proporción en Asia oriental? La razón es interesante: dentro de la muestra, estas experimentan crisis principalmente cuando son sistémicas (otra vez no hablamos de causalidad); esto contrasta con las economías de alto riesgo, que también experimentan crisis idiosincrásicas.[11]

Estas carteras son totalmente distintas de las que mantienen normalmente los bancos centrales de países emergentes. Parece imperativo averiguar por qué: ¿es la falta de liquidez de los mercados potenciales, son restricciones políticas internas, o simplemente un comportamiento de manada de los bancos centrales?

VI. Beneficios

Nuestro modelo de forma reducida para portafolio no está bien equipado para una comparación muy profunda de los niveles de bienestar. Por tanto, para medir los beneficios de la estrategia de cobertura, optamos por centrarnos en los estadísticos que son robustos para todas las preferencias y otros detalles difíciles de cuantificar. En particular, mostramos la ganancia esperada condicional a que ocurra un *sudden stop*, y la ilustramos para el escenario de opciones de compra.

El primer paso para calcular este estadístico es calcular la probabilidad de un salto, dado que el país sufrió un *sudden stop* (ver columna 1, cuadro 4). Usando la regla de Bayes, tenemos que:

$$\Pr\left(J=1 \mid SS=1\right)=\psi^{h}\frac{\eta}{\psi}.$$

Esta probabilidad es alrededor de 70% para una economía emergente promedio y cercana a 90% para las relativamente estables economías del Asia oriental. Esto es importante: el VIX salta con una alta probabilidad cuando el país necesita que haga justamente eso.

La tasa de retorno de la estrategia de "compra" (*call*) es

$$\begin{cases} 1/\eta-1 & si\;\; J=1 \\ -1 & si\;\; J=0 \end{cases}$$

En consecuencia, la ganancia de reservas esperada condicional a caer en un *sudden stop* es (columna 2, cuadro 4)

$$\phi\left[\psi^{h}\frac{\eta}{\psi}\left(\frac{1}{\eta}-1\right)-\left(1-\psi^{h}\frac{\eta}{\psi}\right)\right].$$

[11] *Nótese asimismo que la diferencia entre el comportamiento óptimo para prevenir un riesgo alto y una economía promedio se refleja no solo en los distintos valores de ϕ, sino también en el nivel de reservas. Cabe recordar que $R_0 = K + \psi Z$.*

CUADRO 4

Nuevas Probabilidades y Ganancias Esperadas al Aplicar la Estrategia de Opciones

País	$\Pr(J=1 \mid SS=1)$	Ganancia esperada (opciones)
Argentina	0.80	0.60
Brasil	0.60	0.14
Chile	1.00	1.40
México	0.00	0.00
Indonesia	1.00	1.40
Corea del Sur	1.00	1.40
Malasia	0.67	0.26
Tailandia	1.00	1.40
Turquía	0.75	0.46
Promedio	0.72	0.39
Países de alto riesgo	0.71	0.36
Asia oriental	0.88	0.86

La ganancia esperada de la economía promedio es de alrededor de 40%. Esto es, una economía promedio que sigue la estrategia arriba descrita puede esperar un aumento de 40% en sus reservas una vez condicional a sufrir un *sudden stop*.[12] Este resultado es significativo, pues excede el monto de reservas que perdieron efectivamente muchas de estas economías durante sus respectivos *sudden stops*.

Obviamente, se pueden señalar varias limitaciones, que probablemente reducen estos grandes números. Por ejemplo, en un modelo dinámico el banco central puede considerar que es óptimo mantener un nivel de reservas superior a un cierto mínimo en todas las contingencias, aun si está en un estado "bueno". En este modelo, esto equivale a suponer que el banco central persigue el objetivo de tener un nivel de reservas distinto de cero, esto es, $K > 0$, lo que implica que $x < 1$. Gracias a la expresión (8) sabemos que la cartera de activos riesgosos se reduce proporcionalmente a x. Alternativamente, se puede imaginar una situación en la que el banco central no acepta, bajo ninguna circunstancia, perder más de c por ciento de sus reservas, en cuyo caso la cartera óptima es

$$\min\{c,\phi\}.$$

A pesar de todas estas salvedades, pensamos que los cálculos de más arriba subrayan un punto sencillo: no importa qué supuestos se hagan respecto de las preferencias y restricciones; el motor que está tras nuestros resultados es la fuerte correlación entre el VIX y la incidencia de *sudden stops*. El simple modelo cuadrático que proponemos está especialmente bien preparado para hacer explícita esta separación entre preferencias (que afectan solo a x) y la correlación estudiada. Aunque se necesita un modelo más elaborado, como el de Caballero y Panageas (2004) para poder contar con una teoría satisfactoria para x, los efectos que provienen de las fuertes correlaciones son independientes de las especificaciones del modelo.

VII. Comentarios Finales

Debemos empezar nuestros comentarios finales con una advertencia. Las carteras que hemos ilustrado para las economías emergentes de nuestro estudio, y el énfasis sobre el VIX, no son recomendaciones específicas *ni* por país *ni* por instrumento. Nuestro objetivo no es otro que ilustrar los beneficios que podría traer el enriquecer las opciones de cartera de los bancos centrales y, lo que es más importante, de buscar activos e índices que son globales por naturaleza pero están correlacionados con las reversiones de los flujos de capitales.

Dentro de este acotado objetivo, nuestros resultados son promisorios: la ganancia esperada de reservas ante un *sudden stop* puede ser significativa (levemente menos del 40% de las reservas del país promedio). Esto es digno de destacar, teniendo en cuenta que sólo estamos considerando un activo riesgoso que no es optimizado ni diseñado para capturar los riesgos que enfrentan las economías emergentes.

Este último punto plantea un tema sobre la arquitectura financiera internacional: el VIX es útil porque está correlacionado con la volatilidad implícita y los riesgos propios de los mercados emergentes, pero también captura problemas específicos para Estados Unidos. El índice ideal sería uno que ponderara los eventos de EE.UU. que

[12] *Obviamente, la contrapartida de esta ganancia esperada durante una parada repentina es que la economía puede perder hasta 13% de sus reservas cuando esta no ocurre.*

tienen probabilidad de tener efectos sistémicos a escala mundial en forma distinta de aquellos que no. Debería ser relativamente fácil construir índices de volatilidad implícita que aislaran los factores anteriores y aun así conservaran la propiedad del VIX de ser exógenos a factores específicos de cada país. Es importante construir tales índices para crear referentes y desarrollar mercados de cobertura líquidos para las economías expuestas a volatilidad en sus flujos de capitales.

Un tema que hemos soslayado es el efecto que puede tener una modificación de la política del banco central para protegerse de los *shocks* externos sobre los incentivos del sector privado. Esto es de particular preocupación, pues el sector privado podría disminuir su nivel de cobertura a *shocks* externos anticipando que el banco central intervendrá. Es un tema complejo que con seguridad requiere una coordinación entre la política de cobertura con medidas monetarias y normativas (ver Caballero y Krishnamurthy, 2003). Sin embargo, aun sin estas políticas complementarias, no es probable que un incentivo perverso sea tan fuerte como para anular por completo la justificación para aplicar prácticas de cobertura más agresivas. Después de todo, las actuales políticas de reservas también sufren estos problemas y se justifican en el argumento de que muchos privados simplemente no son tan previsores como para cubrirse adecuadamente contra riesgos agregados.

Más aún, si se adoptaran tales prácticas en forma colectiva, al poco andar veríamos surgir nuevos índices de volatilidad implícita que reflejaran mejor las necesidades de los mercados emergentes. El aumento de bienestar generado por tales mejoras podría ser grande y, por tanto, justificar una acción de coordinación por parte de las instituciones financieras internacionales (IFI) y bancos centrales de todo el mundo. De hecho, tal coordinación puede ser una necesidad, si pretendemos limitar los potenciales costos políticos asociados a pérdidas en operaciones de cobertura.

Para concluir, reiteramos que nuestro énfasis en las fuentes externas de volatilidad de los flujos de capitales no apunta a quitar la culpa de la volatilidad de los flujos de capitales a los propios países. Simplemente queremos mostrar que hay un componente que se puede cubrir, y que este componente es significativo. Más aún, existe una importante interacción entre el tema que hemos destacado aquí y las fuentes internas de fragilidad externa: un país débil está más cerca de ser afectado por una crisis global, por lo que tiene que hacer un esfuerzo mayor para cubrirse de estos *shocks*.

Referencias

Black, F. y M. Scholes (1973). “The Pricing of Options and Corporate Liabilities.” *Journal of Political Economy* 81(3): 637-54.

Caballero, R.J. y A. Krishnamurthy (2003). “Inflation Targeting and Sudden Stops.” Mimeo, Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos.

Caballero, R.J. y S. Panageas (2003). “Hedging Sudden stops and Precautionary Recessions: A Quantitative Approach.” Mimeo, Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos.

Caballero, R.J. y S. Panageas (2004). “Insurance and Reserves Management in a Model of Sudden Stops.” Mimeo, Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos.

García, P. y C. Soto (2005). “Large Hoarding of International Reserves: Are They Worth It?” En *External Vulnerability and Prevention Policies,* editado por R.J. Caballero, C. Calderón y L.F. Céspedes. Banco Central de Chile.

Lee, J. (2004). “Insurance Value of International Reserves.” Mimeo, Fondo Monetario Internacional, Estados Unidos.