
ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DE TIPOS DE CAMBIO A TRAVÉS DE UN MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Ainhoa Herrarte Sánchez⁽¹⁾
Eva Medina Moral⁽¹⁾
José Vicéns Otero⁽²⁾

Departamento de Economía Aplicada
Universidad Autónoma de Madrid
Junio 2000

RESUMEN

Dentro del entorno general de globalización en el que nos encontramos actualmente, los movimientos de capitales de unos países a otros han aumentado espectacularmente en los últimos años, y con ello, el riesgo a que los países, y en especial las economías emergentes más vulnerables a cualquier tipo de desequilibrio económico, se vean sometidas a crisis financieras que pueden provocar, en primer lugar, desastrosas consecuencias para la economía del país y, en segundo lugar, un efecto contagio que termine extendiéndose a otros países provocando un efecto generalizado de crisis financiera internacional. Con este enfoque, se trata de medir la probabilidad de riesgo que existe en los países del área latinoamericana de verse sometidos a este tipo de perturbaciones financieras basados en crisis cambiarias, a través de un modelo econométrico Logit. Se consideran diferentes variables explicativas de crisis desde la óptica de los modelos de primera y segunda generación (fundamentos económicos y expectativas), habiéndose obtenido una clasificación del 87% de casos correctos.

(1) Investigador del Instituto Lawrence R. Klein, Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Madrid.

(2) Catedrático en Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Madrid.

Edita:

Instituto L.R.Klein – Centro Gauss
Facultad de CC.EE. y EE.
Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid
Teléfono y Fax: 913974191
Correo electrónico: klein.gauss@uam.es
Página web: www.uam.es/klein/gauss

ISSN 1696-5035

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación sin la previa autorización escrita del editor.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo perseguido a través del presente documento es realizar una aproximación al estudio de los modelos desarrollados sobre crisis financieras, para posteriormente desarrollar un modelo que permita predecir el riesgo de crisis financiera en un conjunto de países del área latinoamericana. La literatura existente sobre modelos teóricos de crisis financieras, clasifica dichos modelos en dos tipos: modelos de primera y de segunda generación.

Los modelos de primera generación parten del trabajo iniciado por Paul Krugman¹ en 1979, en el que analiza el caso concreto de una crisis de balanza de pagos que obliga a un país con régimen de tipo de cambio fijo a abandonar el tipo de cambio, y establecen que las crisis financieras son consecuencia de incompatibilidades entre las políticas fiscal, monetaria y del tipo de cambio.

Los modelos de segunda generación se basan en que las crisis financieras no se producen como consecuencia de una política económica inconsistente con el tipo de cambio, sino que se producen en sí mismas dando lugar a un cambio en la política económica del país.

Entre los modelos de primera generación destacan el ya mencionado trabajo de Paul Krugman (1979), que fue posteriormente ampliado por Robert Flood y Peter Garber² (1984) a través de un modelo lineal en el que tratan de determinar el momento exacto en el cual se produce el abandono del régimen de tipo de cambio fijo, y el tipo de cambio en el cual se situará la moneda tras el colapso del régimen. Más recientemente Krugman y Rotemberg (1991) han actualizado el modelo inicial de 1979, y Flood, Garber y Kramer (1996) han incorporado aspectos de la crisis en México.

Por otro lado, los trabajos desarrollados por Guillermo Calvo³ (1995), Harold Cole y Timothy Kehoe⁴ (1996), Maurice Obstfeld⁵ (1994, 1996), Jeffrey Sachs, Aaron Tornell y Andrés Velasco⁶ (1996) y Allan Drazen⁷ (1998), han sido encuadrados como modelos de segunda generación.

Mientras que los modelos de primera generación se basan en que los fundamentos económicos del país son los que empujan a la economía a una crisis, los modelos de segunda generación defienden que son las expectativas de los agentes económicos sobre la evolución de las variables macroeconómicas las que provocan una crisis financiera que podría haber sido evitada.

En la aplicación práctica que se expone en las siguientes páginas se han desarrollado dos modelos distintos que analizan la probabilidad de crisis financiera para un conjunto de países de Latinoamérica a través de dos conjuntos de variables económicas diferentes, para posteriormente realizar una predicción conjunta del riesgo financiero en las economías analizadas. La técnica empleada para la consecución de nuestro objetivo, ha sido la utilización

¹ Krugman, Paul. "A model of Balance of Payment Crisis", Money, Credit and Banking, vol. 11, n° 3, agosto 1979, pp 311-325.

² Flood, Robert P. and Garber, Peter M. "Collapsing exchange-rate regimes: Some linear examples", Journal of International Economics, vol. 17, n° 1/2, agosto 1984, pp. 1-14.

³ Calvo, Guillermo. "Varieties of Capital-Market Crisis", Center for International Economics Working Paper n° 15, College Park, Maryland: University of Maryland, noviembre 1995.

⁴ Cole, Harold R. y Timothy J. Kehoe, "A self-fulfilling Model of Mexico's 1994-95 Debt Crisis", Journal of International Economics, n° 41, noviembre 1996, pp. 309-330.

⁵ Obstfeld, Maurice. "The logic of Currencies crisis", NBER Working Paper n° 4640, Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research, Febrero 1994; "Models of Currency Crisis with Self-fulfilling features", European Economic Review, n° 40, pp. 1037-1047. (1996);

⁶ Sachs, Jeffrey D., Aaron Tornell y Andrés Velasco. "Financial crisis in emerging Markets: The Lessons from 1995", Brooking Papers on Economic Activity: 1, Brooking Institution, pp. 147-215. 1996.

⁷ Drazen, Allan. "Political Contagion in Currency Crisis", University of Maryland, mimeo, Marzo 1998.

del modelo Logit, ya que la función logística es la función adecuada cuando lo que se pretende es determinar la probabilidad de ocurrencia de un suceso concreto, en nuestro caso la probabilidad de crisis financiera. La justificación de la elaboración de dos modelos se ha basado en el tipo de variables utilizadas, ya que el primer conjunto de ellas son variables características de la política económica de un país, mientras que el segundo conjunto son variables de tipo coyuntural y no relacionadas directamente con la política económica del gobierno. De esta forma, el primer modelo al que se le ha denominado "Modelo estructural" se podría encuadrar dentro de los denominados "Modelos de primera generación", mientras que el segundo modelo al que se le ha llamado "Modelo coyuntural" se encuadra dadas sus características dentro de los "Modelos de segunda generación".

Los resultados finales de nuestro modelo se derivan de una estimación conjunta que pondera los resultados arrojados por el modelo estructural así como por el coyuntural, ofreciendo una probabilidad de crisis financiera para el conjunto de países analizados. El modelo que aquí presentamos es actualizado mensualmente con el objeto de ofrecer una estimación del riesgo financiero actual y acorde con la realidad económica del mercado.

2. DATOS MUESTRALES

Para la estimación del modelo se utilizan datos con **periodicidad** mensual, que abarcan el **periodo muestral** comprendido entre enero de 1990 y marzo del año 2000. Ya que el objetivo del trabajo es obtener un indicador de riesgo de crisis financiera, se trata de examinar crisis que habiendo ocurrido en el pasado tengan características similares a las que pueden acontecer en el futuro, dentro de un entorno mundial caracterizado por un alto crecimiento de los movimientos de capitales y una constante reducción de los controles sobre los mismos. Sin embargo es necesario también disponer de información relativa a un periodo lo suficientemente amplio como para evitar problemas de falta de grados de libertad a la hora de realizar la estimación de los parámetros del modelo. Estos motivos nos han obligado a seleccionar la década de los noventa como el periodo muestral que abarcará el modelo, analizando un total de 123 meses en los cuales se encuentra recogidas las crisis que más trascendencia han tenido a nivel internacional en los últimos años.

El estudio se ha realizado con datos "cross-section" o de **corte transversal**, ya que el objetivo es analizar las características económicas más significativas que han precedido a las crisis cambiarias, independientemente del país o fecha al que haga referencia la crisis, para obtener así una "fotografía" genérica de la situación económica que acontece a una crisis permitiendo anticipar futuros episodios similares.

El hecho de utilizar un análisis transversal obliga a realizar una cuidadosa selección de los **países** a analizar, con el objeto de evitar muestras heterogéneas que imposibiliten la obtención de las características genéricas que preceden a las crisis cambiarias. Con esta intención el análisis se ha centrado en el área latinoamericana, incluyéndose en el estudio únicamente países con estructuras y entornos económicos y políticos similares. El interés por esta área geográfica se debe a que se trata de una de las economías emergentes que más se están viendo sometidas en los últimos tiempos a este tipo de acontecimientos financieros pudiéndose convertir en una fuente de contagio financiero global, por lo que interesa tener un indicador que nos permita anticipar este tipo de eventos. Las fuentes de vulnerabilidad de la región se concentran en:

- La dependencia de algunos países de la región de unas pocas materias primas como la principal fuente de divisas e ingresos fiscales (cobre en Chile, petróleo en México, Venezuela y Ecuador, café en Colombia y otros).

- Los sistemas financieros son frágiles y sensibles a las recesiones y perturbaciones externas y macroeconómicas adversas, debido a un lastre de insuficiente capitalización, inversiones de cartera arriesgadas y débiles mecanismos de control.
- La persistencia de los problemas sociales, tales como existencia de pobreza, desigual distribución de la riqueza y la renta, violencia y en algunos países, como Colombia, conflictos armados internos.

Por otro lado, es importante no olvidar la creciente importancia estratégica que está adquiriendo el área latinoamericana para España, por lo que es útil tener un indicador que permita controlar el riesgo de esta región. En los últimos años Latinoamérica se ha convertido en el principal foco hacia el cual España dirige parte de su inversión directa, en concreto en torno al 65% de la inversión que España realiza en el exterior se dirige a esta zona. Además, el crecimiento de la inversión en este área ha superado los niveles del 100% en los últimos años, lo que convierte a España en un país fuertemente vulnerable a los desequilibrios que se den en Latinoamérica.

La imposibilidad de abarcar el conjunto de países que constituyen el área latinoamericana nos obliga a limitar el análisis a aquellos países con mayor repercusión económica desde el punto de vista de las crisis financieras. Por ello, se ha realizado una selección en función del peso relativo que cada país tiene sobre el conjunto de Latinoamérica medido a través del Producto Interior Bruto, quedando seleccionados los siguientes países: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Venezuela.

3. VARIABLES DEL MODELO

La **variable endógena** del modelo está formada por puntos muestrales correspondientes a periodos de crisis y de calma. Para detectar los episodios de *crisis*, se ha utilizado como criterio seleccionar aquellos momentos temporales en los que se produce un incremento brusco en el tipo de cambio nominal⁸. El problema es definir lo que se entiende por “brusco”, ya que la crisis se da cuando se produce una variación en el tipo de cambio suficientemente elevada como para distinguirla de otro tipo de fluctuación que no supone riesgo cambiario, pero no tan elevada como para que constituya una situación excesivamente atípica, lo que imposibilitaría encontrar un número aceptable de datos muestrales. En base a los trabajos realizados por otros autores⁹ se decidió establecer el punto de corte en el 10%, es decir, la crisis financiera queda definida como un incremento del tipo de cambio superior al 10% respecto al mes anterior.

Por otro lado, los periodos de *calma* quedan definidos como el resto del periodo muestral que no es considerado episodio de crisis, sin incluir ni los seis meses anteriores (por considerarlos como el periodo en el que se está gestando una crisis) ni los seis meses posteriores (en los que los efectos de la crisis todavía permanecen en la economía) a una turbulencia financiera. Por tanto, por definición, el periodo de calma abarca un conjunto de meses caracterizados por una estabilidad cambiaria tal que el tipo de cambio no sufre apenas oscilaciones.

⁸ El tipo de cambio nominal utilizado es el definido como moneda local/\$.

⁹ Edwards (1989); Eichengreen et al. (1995); Frankel y Rose (1996); Sachs, Tornell y Velasco (1996); Goldfajn y Valdés (1997); Kaminsky, Lizondo y Reinhart (1998); Esquivel y Larraín (1998); Modelo J.P. Morgan (1998); Modelo GS-WATCH (1999).

Intentando equilibrar el número de crisis financieras y periodos de calma definidos en cada país y evitando así un sesgo hacia uno u otro tipo de datos, se han obtenido un total de 36 puntos muestrales, de los cuales 18 corresponden a periodos de turbulencias financieras que han terminado con depreciaciones de la moneda superiores al 10% y 18 a periodos de calma en los que el tipo de cambio se ha mantenido estable con ligeras variaciones (Cuadro 1).

CUADRO 1: DATOS MUESTRALES Y PERIODOS

PAIS	PERIODO DE CRISIS		PERIODO DE CALMA	
	Periodo	Variación TC moneda/\$ ⁽¹⁾	Periodo	Variación TC moneda/\$ ⁽²⁾
Argentina	-	-	91 Nov – 00 Mar	0,01%
Brasil	99 Ene - 99 Feb	24,65%	94 Sep - 98Jun	0,55%
Chile	-	-	90 Ene – 00 Mar	0,45%
Colombia	98 Sep	10,10%	92 Oct - 95 Jun	0,37%
	-	-	96 Ago - 98 Feb	1,27%
Rep. Dominicana	90 Abr	12,18%	91 Sep - 00 Ene	0,26%
	91 Ago	28,89%	-	-
	92 Sep	25,53%	90 Feb - 92 Feb	2,77%
Ecuador	98 Oct	12,59%	93 Abr - 98 Mar	1,55%
	99 Mar – 00 Ene	37,75%	-	-
	89 Nov - 90 Abr	14,82%	91 Abr - 96 Jun	0,32%
Guatemala	90 Ago – 90 Sep	10,42%	97 Ago - 00 Ene	0,94%
	97 Ene	10,02%	-	-
	94 Dic – 95 Mar	14,18%	90 Feb - 94 May	0,43%
México	95 Nov	14,46%	96 Jun - 98 Feb	0,65%
	98 Sep	10,32%	99 Abr – 00 Mar	0,42%
	98 Abr	10,00%	90 Feb - 97 Sep	0,61%
Paraguay	-	-	98 Nov – 00 Ene	1,07%
	91 Abr – 91 May	12,50%	93 May - 00 Mar	0,72%
Perú	91 Oct – 92 Oct	15,00%	-	-
	94 May - 94 Jun	17,31%	90 Feb - 93 Oct	1,84%
Venezuela	95 Dic – 96 Dic	48,30%	97 Jul – 00 Mar	0,97%

(1) Variación TC moneda/\$: Porcentaje de variación mensual del tipo de cambio nominal. Para el caso de crisis que abarcan más de un mes, el dato se refiere únicamente a la variación del tipo de cambio nominal del primer mes en el que comienza la crisis financiera.

(2) Variación TC moneda/\$: Promedio del porcentaje de variación mensual del tipo de cambio nominal referido al total del periodo de calma.

Dentro del conjunto de variables económicas que ayudan a explicar las causas de una crisis financiera y teniendo en cuenta las **variables explicativas** usadas por otros autores¹⁰, se han seleccionado las siguientes:

¹⁰ El trabajo realizado por Kaminsky, Lizondo y Reinhart (1998) recoge 28 estudios con descripción del periodo muestral, países incluidos y variables utilizadas para analizar los periodos de crisis.

CUARO 2: VARIABLES EXPLICATIVAS

ESTRUCTURALES	COYUNTURALES
- Tipo de cambio efectivo real	- Nivel de precios
- Crecimiento del PIB	- Nivel de reservas
- Deuda Exterior	- Diferencial del tipo de interés
- Balanza por cuenta corriente	- Índice de Bolsa
- Crédito al sector público	
- Crédito al sector privado	

Las variables explicativas de **carácter estructural** tratan de recoger la ideología defendida por los modelos de primera generación de crisis financieras. Así, en economías con fundamentos económicos débiles, caracterizadas por deterioros en el crecimiento, elevada deuda exterior y prolongados déficits en la balanza por cuenta corriente, se eleva la probabilidad de crisis financiera. Si a esta situación se le une una creciente necesidad de financiación, tanto del sector público como privado, que genera una fuerte dependencia de un sector bancario que en la mayoría de los países que nos ocupan se caracteriza por su fuerte inestabilidad, el riesgo cambiario incrementa.

Es importante también recoger como disminuciones en el nivel de competitividad de un país incrementan la inestabilidad en el tipo de cambio. Esto es así debido a que la pérdida de competitividad que experimenta un país se reflejará automáticamente en desequilibrios en la balanza comercial y reducciones en el nivel de reservas que pueden terminar generando las crisis de balanzas de pagos defendidas por Krugman, con su consecuente impacto sobre la moneda del país.

Las hipótesis defendidas por los modelos de segunda generación quedan recogidas a través de las variables de **carácter coyuntural**, las cuales, al medir la situación económica de un país en el corto plazo, son las que mejor recogen los cambios que se puedan producir en las expectativas de los agentes económicos que intervienen en el mercado. La experiencia demuestra que el periodo que precede a una crisis financiera se caracteriza por una fuerte pérdida de reservas, provocada tanto por desconfianza en los mercados de capitales como por deterioros en la balanza por cuenta corriente, un incremento en los niveles de inflación y un aumento en los tipos de interés, medida que es tomada por los Gobiernos Centrales como mecanismo para frenar la rápida huida de capitales.

Por último mencionar que los Índices de la Bolsa son fieles indicadores del riesgo financiero al que está sometido un país, en la medida que una evolución a la baja de la Bolsa puede estar indicando expectativas de depreciación por parte de los inversores que movidos por la desconfianza deciden retirar sus capitales incrementando con ello la probabilidad de que tal situación termine en un episodio de crisis financiera.

En resumen, según se ha planteado el modelo, el ataque especulativo a una moneda es precedido por periodos de inestabilidad económica en los que se producen, desde un punto de vista **estructural**, deterioros en los crecimientos económicos, elevada deuda exterior, déficit en la balanza por cuenta corriente, apreciaciones en el tipo de cambio efectivo real y necesidades de financiación del sector público o privado. Esta situación unida a los desequilibrios económicos que se producen bajo una óptica **coyuntural**, tales como crecimientos de la inflación, descensos sucesivos en el nivel de reservas, aumentos de los diferenciales del tipo de interés y reducciones en el índice de bolsa, son los rasgos más comunes que definen el periodo que precede a una crisis cambiaria.

4. ESTIMACIÓN DEL MODELO

En nuestro análisis se ha utilizado un modelo Logit que se ha estimado por máxima verosimilitud al no disponer de muestras repetidas. Estos modelos tratan de explicar la variable dependiente de crisis en función de un conjunto de variables independientes, con la característica de que utilizan para su estimación la función logística¹¹. En los modelos Logit la variable endógena es una variable dicotómica que toma valor 1 cuando se da el suceso objeto de análisis y 0 cuando no se da, mientras que las variables explicativas pueden ser tanto continuas como discretas. El modelo Logit desarrollado en este documento utiliza sólo variables continuas.

Dado que en el conjunto de variables explicativas seleccionadas se distingue claramente entre un enfoque estructural (modelo de primera generación) y un enfoque coyuntural (modelo de segunda generación) se ha decidido realizar la estimación de dos modelos de tal manera que se puedan separar ambos contextos, permitiendo examinar de manera más precisa las causas y condicionantes que preceden a los acontecimientos de crisis financieras. Entre las razones que justifican el uso de los dos modelos se encuentran:

- La estimación de un único modelo que incluya el conjunto de variables explicativas arroja peores resultados que una estimación individual de cada modelo.
- El hecho de diferenciar entre las dos corrientes de pensamiento (primera y segunda generación) nos permite obtener conclusiones sobre cual es la más apropiada para analizar crisis financieras.
- Cada uno de los modelos aporta información diferente lo que permite realizar un análisis diferenciado entre el conjunto de factores que influyen en los acontecimientos de riesgo cambiario.

Es por ello que en lo que sigue de trabajo se distinguirá el modelo estructural del coyuntural procediendo al final del presente informe a fusionar los resultados de ambos de manera que podamos obtener la estimación de una única probabilidad de riesgo.

4.1. MODELO ESTRUCTURAL DE PRIMERA GENERACIÓN

El modelo estructural se plantea desde la siguiente especificación general:

$$y = f(PIB, BCC, TCER, DE, CREPR, CREPU)$$

donde: PIB: Producto Interior Bruto (periodicidad anual);
BCC: Balanza por Cuenta Corriente (periodicidad anual);
TCER¹²: Tipo de Cambio Efectivo Real (periodicidad anual);

¹¹Para el caso de una única variable explicativa la función logística se define como:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-(a+b X_i)}} = \frac{e^{(a+b X_i)}}{1 + e^{(a+b X_i)}}$$

donde $f(x)$ mide la probabilidad de ocurrencia del acontecimiento al que se le da valor 1 en la definición de la variable endógena.

¹² El tipo de cambio efectivo real se calcula como:

$$TCER = \left(\frac{1}{\text{Tipo de cambio}} \right) \left(\frac{\text{Indice de precios país}}{\text{Indice de precios EEUU}} \right)$$

de manera que incrementos en el valor del TCER implican pérdida de competitividad provocada pro una elevación de los precios o una apreciación de la moneda que encarece los productos respecto a los extranjeros.

DE: Deuda Externa (periodicidad anual);
 CREPR: Crédito al Sector Privado (periodicidad anual);
 CREPU: Crédito al Sector Público (periodicidad mensual).
 DP: Déficit público (periodicidad anual)

La medición de las variables explicativas se ha realizado siguiendo los siguientes criterios:

- En los **periodos de crisis** el valor de la variable es el dato anterior (en el caso de que la crisis se produzca en la primera mitad del año) o el posterior (en el caso de que se produzca en la segunda mitad del año) al momento en que se produce la crisis financiera.
- En los **periodos de calma** las variables se calculan como el promedio de todo el periodo de calma.

Las variables explicativas que han resultado ser estadísticamente significativas con este tipo de modelo, así como los principales resultados que arroja la estimación se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3: ESTIMACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL

	Coefficiente	Estadístico z	Nivel de significación
C	-1.3244	1.1266	-1.1756
Producto Interior Bruto	-0.6756	-2.4861	0.0129
Balanza por cuenta corriente	-0.6526	-2.1075	0.0351
Tipo de cambio efectivo real	1.2406	2.0115	0.0443
Máxima verosimilitud (modelo total)		-15.2116	
Máxima verosimilitud (modelo restringido)		-24.9533	
LR statistic		19.4835	Probabilidad (0.0002)
Ratio de verosimilitud		0.4104	

Aunque también se probó la estimación del modelo con la variable déficit público se decidió excluirla del mismo por su escasa aportación a la explicación de la endógena, ya que el estadístico z asociado al parámetro de esta variable (con un escaso valor) permitía aceptar la hipótesis nula de no significatividad. Lo mismo ocurrió con las variables que hacían referencia a la evolución crediticia del sector público y privado, cuya aportación a la explicación de la variable endógena es prácticamente nula.

Los **signos** obtenidos en la estimación de los parámetros de las variables explicativas se corresponden con la teoría económica, es decir:

- *Producto Interior Bruto*: signo negativo ya que a un mayor crecimiento del PIB disminuye el riesgo de crisis financiera;
- *Balanza por Cuenta Corriente*: deterioros consecutivos de la balanza por cuenta corriente anticipan una crisis financiera.
- *Tipo de Cambio Efectivo Real*: tal y como se ha calculado esta variable, apreciaciones del tipo de cambio efectivo real se corresponden con pérdidas de competitividad del país, ya sea por aumento de los precios o por una sobrevaloración de la moneda, situación que incrementa el riesgo de crisis financiera.

El valor del **estadístico z** en todas las variables explicativas permite rechazar la hipótesis nula de no significatividad (niveles de significación inferiores a 0,05 para todos los casos), aceptando la hipótesis alternativa de que las variables analizadas son estadísticamente

significativas para explicar los procesos de crisis financieras dentro de la muestra que estamos analizando.

La **media** de las variables explicativas junto con la desviación típica tanto para el conjunto de la muestra como para cada uno de los grupos analizados aparecen en el Cuadro 4:

CUADRO 4: MEDIA Y DESV. TIPICA DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS POR GRUPOS

	Periodo crisis		Periodo calma		Muestra total	
	Media	Desv. Tip.	Media	Desv. Tip.	Media	Desv. Tip.
- Producto Interior Bruto	0.66	5.02	3.95	2.22	2.30	4.17
- Balanza por Cuenta Corriente	-4.10	3.51	-3.32	2.46	-3.71	3.01
- Tipo de Cambio Efectivo Real	1.38	3.45	0.29	0.49	0.83	2.49

Según los resultados, países con niveles de crecimiento económico en torno al 4,0%, déficits en la balanza por cuenta corriente del 3,5% del PIB y estabilidad en el tipo de cambio efectivo real se encuentran en situación de equilibrio sin existir riesgos potenciales de que tenga lugar una crisis financiera, mientras que países con crecimientos bajos del producto interior bruto, déficits en la balanza por cuenta corriente del orden del 4% y crecimientos del tipo de cambio efectivo real superiores al 1% presentan riesgo, desde la perspectiva de un análisis estructural, de desequilibrios en su moneda. Sin embargo, hay que observar, que las desviaciones típicas de las variables cuando se analiza el grupo correspondiente a los periodos de crisis son elevadas, por lo que las medias calculadas pueden estar mostrando resultados ligeramente sesgados.

Como medida de **bondad del ajuste** se utiliza el ratio de verosimilitud¹³ que toma valor 1 cuando el modelo ajustado sea perfecto y la estimación exacta, y valor cero cuando no mejore nada por la inclusión de variables. Sin embargo, el ratio de verosimilitud suele tomar valores no muy elevados cuando se calcula para modelos de tipo logit, por lo que en el caso del modelo estimado se puede hablar de una bondad conjunta para el modelo aceptable ya que el ratio toma el valor 0,41.

Otra de las vías utilizadas para determinar la bondad de un modelo ajustado por Logit es predecir con el modelo los valores de la variable endógena Y_i de tal manera que $Y_i = 1$ si $p_i \geq 0,5$ ó $Y_i = 0$ si $p_i < 0,5$. Dado que los valores reales de Y_i son conocidos, basta con contabilizar el porcentaje de aciertos para decir si la bondad del ajuste es elevada o no. En nuestro modelo, el porcentaje de aciertos para el total de la muestra es del 81% (89% para periodos de calma y 72% para periodos de crisis) lo que confirma unos buenos resultados en el ajuste estadístico de los datos históricos.

¹³ El ratio de verosimilitud se define por $RV = 1 - \frac{L(max)}{L(0)}$ siendo $L(max)$ el valor máximo del logaritmo de la función de verosimilitud y $L(0)$ el valor máximo de esta función con la restricción de que los parámetros de las variables explicativas del modelo sean igual a 0.

4.2. MODELO COYUNTURAL DE SEGUNDA GENERACIÓN

La especificación general de este modelo es la que se plantea a continuación:

$$y = f(\text{PRECIOS}, \text{RESERVAS}, \text{DTI}, \text{BOLSA})$$

donde: PRECIOS: Cociente entre el índice de precios del país y el índice de precios de Estados Unidos (periodicidad mensual);
RESERVAS: Crecimiento de las reservas (periodicidad mensual);
DTI: Diferencial de los tipos de interés a corto plazo del país respecto a los tipos de interés a corto plazo de Estados Unidos (periodicidad mensual);
BOLSA: Evolución del índice de Bolsa (periodicidad mensual).

Para calcular el valor que han tomado las variables al incluirlas en la estimación del modelo se han seguido los siguientes criterios:

- En los **periodos de crisis** el valor de las variables es el promedio de los tres meses anteriores a que se produzca la crisis, es decir, se trata de conocer la situación de estas variables justo en el momento que precede a la crisis.
- En los **periodos de calma** las variables se calculan como el promedio de todo el periodo, ya que, en teoría, los valores de las variables explicativas deben reflejar estabilidad económica a lo largo de lo que se define como periodo de calma.

De todas las pruebas realizadas en la estimación del modelo coyuntural se obtiene como conclusión que la variable referente a la evolución del índice de Bolsa de cada país obtiene una elevada significatividad estadística, sin embargo, no se incluye en el modelo debido a que la falta de información para esta variable implica una pérdida de observaciones tal que los grados de libertad resultan insuficientes para poder realizar la estimación.

En el Cuadro 5 se recogen los principales resultados obtenidos en la estimación del modelo coyuntural:

CUADRO 5: ESTIMACIÓN DEL MODELO COYUNTURAL

	Coefficiente	Estadístico z	Nivel de significación
C	-0.9030	-1.2795	0.2007
Crecimiento de Reservas	-0.7949	-2.3151	0.0206
Crecimiento de Precios	0.6492	1.2929	0.1961
Diferencial tipos de interés	0.0113	0.4663	0.6410
Máxima verosimilitud (modelo total)		-14.0822	
Máxima verosimilitud (modelo restringido)		-24.9533	
LR statistic		21.7422	Probabilidad (0.0000)
Ratio de verosimilitud		0.4357	

Los **signos** obtenidos para los parámetros de las variables explicativas incluidas en el modelo coinciden con los esperados según los fundamentos teóricos:

- *Nivel de precios*: se obtiene un signo positivo indicando que incrementos en los niveles de precios nacionales anticipan depreciaciones de la moneda.
- *Nivel de reservas*: la crisis financiera comienza cuando la caída en el nivel de reservas del país es tal que el Gobierno solo tiene como solución devaluar la moneda, por lo que bruscas reducciones en el nivel de reservas del país se asocian con un mayor riesgo de crisis financiera (signo negativo).

- *Diferencial del tipo de interés*: Una de las medidas preventivas del Gobierno ante una situación de riesgo financiero es elevar los tipos de interés con el objeto de evitar salidas de moneda, por lo que crecimientos del diferencial del tipo de interés del país respecto al de Estados Unidos puede estar indicando una mayor probabilidad de desajuste en la moneda.

El **estadístico z** permite rechazar la hipótesis nula de no significatividad para el caso de las reservas, y no para el resto de variables. Esto es así debido a la correlación existente entre las variables precios y diferencial de tipos de interés (el coeficiente de correlación entre ambas variables toma el valor de 0,86) lo que impide que ambas variables resulten significativas a la vez. La estimación del modelo sin incluir los tipos de interés arroja un valor del estadístico z que permite rechazar la hipótesis nula de no significatividad para el resto de variables explicativas, sin embargo, a efectos predictivos puramente prácticos, se ha decidido incluir la variable del diferencial del tipo de interés primero por la existencia de una base teórica que sustenta la importancia de esta variable en el contexto de crisis financieras, y segundo debido a que el modelo mejora por la inclusión de esta variable.

Se ha obtenido una **bondad** aceptable del modelo en su conjunto ya que el ratio de verosimilitud es de 0,44. El porcentaje de aciertos para el total de la muestra ronda el 89%, de los cuales un 94% corresponden a los periodos de calma y un 83% a los periodos de crisis.

Según el valor obtenido respecto a las **medias** de las variables analizadas (Cuadro 6), se observa que países con un crecimiento mensual en los precios por encima del 2,5%, caída en los niveles de reservas superiores al 2%, y diferenciales del tipo de interés respecto a Estados Unidos mayores a 40 puntos, están sometidos a un elevado riesgo de ataque especulativo contra su moneda, por lo que el Gobierno debería tomar las medidas necesarias antes de que se produzca el ataque definitivo. Sin embargo, países con niveles de crecimiento de los precios en torno al 1% y de reservas en torno al 1,5%, y diferenciales de los tipos de interés a corto plazo respecto a los de Estados Unidos en torno a 16 puntos gozan de una cierta estabilidad y muy baja probabilidad de crisis financiera.

CUADRO 6: MEDIA Y DESV. TIPICA DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS POR GRUPOS

	Periodo crisis		Periodo calma		Muestra total	
	Media	Desv. Tip.	Media	Desv. Tip.	Media	Desv. Tip.
- Nivel de reservas	-1.91	3.79	1.64	1.10	-0.14	3.29
- Nivel de precios	2.61	2.78	1.07	0.79	1.84	2.16
- Diferencial tipos interés	40.27	56.65	15.82	10.84	28.04	42.06

4.3. ESTIMACIÓN FINAL

Teniendo en cuenta el porcentaje de aciertos obtenidos en cada uno de los modelos individualmente se considera que la fiabilidad de la predicción es elevada. Así, otros trabajos de características similares obtuvieron unos resultados peores, tal es el caso del modelo de Berkeley (1996) que obtiene una predicción muy acertada para los periodos de tranquilidad pero un escaso ajuste para los periodos de crisis en los que se obtienen elevados errores, o el caso del modelo de Esquivel y Larraín (1998) con un grado de acierto del 54% para periodos de crisis y del 90% para periodos de calma, lo que imposibilita su uso a efectos predictivos. El modelo de predicción de crisis financieras elaborado por J.P. Morgan obtiene unos resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo con un porcentaje de aciertos para los periodos de crisis y de calma en torno al 90%.

Sin embargo, y dado que el objetivo es la estimación de una única probabilidad de riesgo con fines prácticos, es preciso elaborar una solución final basada en la combinación de las dos estimaciones apuntadas por los dos modelos. Una vez obtenida la estimación a periodo histórico de cada uno de los modelos, para obtener la estimación a futuro se alimenta cada uno de los modelos con los datos actuales correspondientes a las variables de cada país. La estimación final es una media ponderada entre la predicción obtenida a través de ambos modelos, con un peso del 25% para el modelo estructural y de un 75% para el coyuntural.

En su corta vida de existencia el modelo de “Riesgo” ha demostrado su eficacia, habiendo anticipado la devaluación de Ecuador de Octubre y Noviembre de 1999 y avisado de problemas en Argentina y Brasil. En la actualidad el modelo genera mensualmente una estimación de riesgo para las economías latinoamericanas. La última estimación elaborada por el modelo se muestra en el Cuadro 7.

CUADRO 7: ESTIMACIÓN DEL MODELO DE RIESGO CAMBIARIO

	Modelo estructural	Modelo coyuntural	Estimación final
Argentina	0,5	0,4	0,4
Brasil	0,5	0,5	0,5
Chile	0,2	0,4	0,4
Colombia	0,5	0,5	0,5
Ecuador	0,5	0,9	0,8
Mexico	0,2	0,1	0,1
Peru	0,3	0,1	0,2
Venezuela	0,5	0,3	0,4

5. BIBLIOGRAFÍA

- Bilson, John F.O.**, 1979, “Leading Indicators of Currency Devaluations”, Columbia Journal of World Business, Vol. 14 (Winter), pp. 62-76.
- Blanco, Herminio, and Peter M. Garber**, 1986, “Recurrent Devaluation and Speculative Attacks on the Mexican Peso”, Journal of Political Economy, Vol. 94 (February), pp. 148-66.
- Calvo, Guillermo A.**, 1995, “Varieties of Capital-Market Crises”, Center for International Economics Working Paper No. 15 (College Park, Maryland: University of Maryland, November).
- Calvo, Guillermo A., and Enrique Mendoza**, 1996, “Reflections on Mexico’s Balance-of-Payments Crisis: A Chronicle of a Death Foretold”, Journal of International Economics, Vol. 41 (November), pp. 223-34.
- Cole, Harold. R. and Timothy J. Kehoe**, 1996; “A Self-fulfilling Model of Mexico’s 1994-95 Debt Crisis”, Journal of International Economics, 41, November, 309-330.
- Collins, Susan M.**, 1995, “The Timing of Exchange Rate Adjustment in Developing Countries” (unpublished; Washington: Georgetown University).

- Cumby, Robert, and Sweder van Wijnbergen**, 1989, "Financial Policy and Speculative Runs with a Crawling Peg: Argentina 1979-81", *Journal of International Economics*, Vol. 17 (August), pp. 111-27.
- Drazen, Allan**, 1998; "Political Contagion in Currency Crises", University of Maryland, mimeo, March.
- Dornbusch, Rudiger, Ilan Goldfajn, and Rodrigo O. Valdés**, 1995, "Currency Crises and Collapses", *Brookings Papers on Economic Activity*: 2, Brookings Institution, pp. 219-93.
- Edin, Per-Anders, and Anders Vredin**, 1993, "Devaluation Risk in Target Zones: Evidence from the Nordic Countries", *Economic Journal*, Vol. 103 (January), pp.161-75.
- Edwards, Sebastian**, 1989; *Real Exchange Rates, Devaluation and Adjustment: Exchange rate Policy in Developing Countries* (Cambridge, Massachusetts: MIT Press).
- Edwards, Sebastian**, and Peter J. Montiel, 1989, "Devaluation Crises and the Macroeconomic Consequences of Postponed Adjustment in Developing Countries", *Staff Papers*, International Monetary Fund, Vol. 36 (December), pp. 875-903.
- Edwards, Sebastian, and Julio A. Santaella**, 1993, "Devaluation Controversies in the Developing Countries: Lessons from the Bretton Woods Era", in *A Retrospective on the Bretton Woods System: Lessons for International Monetary Reform*, ed. By Michael D. Bordo and Barry Eichengreen (Chicago: University of Chicago Press), pp. 405-55.
- Eichengreen, Barry, Andrew K. Rose, and Charles Wyplosz**, 1995, "Exchange Market Mayhem: The Antecedents an Aftermath of Speculative Attacks", *Economic Policy*, Vol. 21 (October), pp. 249-312.
- Eichengreen, Barry, Andrew K. Rose, and Charles Wyplosz**, 1996, "Contagious Currency Crises", CEPR Discussion Paper No. 1453 (London: Centre for Economic Policy Research, August).
- Esquivel, Gerardo and Felipe Larraín**, 1998a; *Latin America Confronting the Asian Crisis*", paper presented at the Conference: *The Aftermath of the Asian Financial Crisis*, Washington, D.C., May.
- Flood, R., P. Garber and C. Kramer**, 1996; "Collapsing Exchange Rate Regimes: Another Linear Example", *Journal of International Economics*, 41 November, 223-234.
- Flood, Robert P., and Nancy Marion**, 1995, "The Size and Timing of Devaluations in Capital-Controlled Economies" (unpublished; Washington: International Monetary Fund).
- Frankel, Jeffrey A. and Andrew K. Rose**, 1996; "Currency Crashes in Emerging Markets: An Empirical Treatment", *Journal of International Economics*, 41 November, 351-366.
- Gerlach, Stefan and Frank Smets**, 1995; "Contagious Speculative Attacks", *European Journal of Political Economy*, 11, 45-63.
- Goldfajn, Ilan and Rodrigo Valdés**, 1996; "The Aftermath of Appreciations", NBER Working Paper No. 5650 (Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research).
- Goldfajn, Ilan, and Rodrigo O. Valdés**, 1998, "Are Currency Crises Predictable?" forthcoming in *European Economic Review*.

- Goldstein, Morris**, 1996, “Presumptive Indicators/Early Warning Signals of Vulnerability to Financial Crises in Emerging Market Economies” (unpublished; Washington: Institute for International Economics).
- GS-Watch**, 1999; Documento distribuido por la red. Alberto.Ader@gs.com.
- Humberto, Juan, M. Julio, and Santiago A. Herrera**, 1991, “Crisis Cambiaria en un Sistema de Minidevaluaciones: El Caso de Colombia”, *Ensayos Sobre Política Económica*, Vol. 20, pp. 7-52.
- J.P. Morgan**, 1998; “Event Risk Indicator Handbook”. J.P. Morgan Exchange Research Ltd. London May 22, 1998.
- Kamin, Steven B.**, 1988, “Devaluation, External Balance, and Macroeconomic Performance: A Look at the Numbers”, *Princeton Studies in International Finance*, No. 62 (Princeton, New Jersey: Princeton University, Department of Economics, International Finance Section, August).
- Kaminsky, Graciela, and Leonardo Leiderman**, 1998, “High Real Interest Rates in the Aftermath of Disinflation: Credit Crunch or Credibility Crisis?” forthcoming in *Journal of Development Economics*.
- Kaminsky, Graciela, and Carmen M. Reinhart**, 1996, “The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems”, *International Finance Discussion Paper No* (Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System, March).
- Kaminsky, G.L., S. Lizondo and C.M. Reinhart**, 1998; “Leading Indicators of Currency Crises”, *Staff Papers*, International Monetary Fund, 45, No. 1, March, 1-48.
- Klein, Michael W., and Nancy Marion**, 1994, “Explaining the Duration of Exchange-Rate Pegs”, NBER Working Paper No. 4651 (Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research, February).
- Krugman, Paul**, 1979; “Currency Crises”, mimeo, MIT.
- Krugman, Paul and Julio Rotemberg**, 1991; “Speculative Attacks on Target Zones”, in P. Krugman and Miller (eds.). *Target Zones and Currency Bands* (Oxford: Oxford University Press).
- Krugman, Paul**, 1996, “Are Currency Crises Self-Fulfilling?” paper prepared for the NBER Macro Annual Conference, March 8-9.
- Milesi-Ferreti, Gian Maria, and Assaf Razin**, 1996, “Current Account Sustainability”, *Princeton Studies in International Finance*, No. 81 (Princeton, New Jersey: Princeton University, Department of Economics, International Finance Section, October).
- Milesi-Ferreti, Gian Maria, and Assaf Razin**, 1998, “Determinants and Consequences of Current Account Reversals and Currency Crises”, paper prepared for the National Bureau of Economic Research conference on Currency Crises, Cambridge, Massachusetts, February 6-7.
- Obstfeld, Maurice**, 1994; “The Logic of Currency Crises”, NBER Working Paper No. 4640 (Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research, February).

- Obstfeld, Maurice**, 1996; “Models of Currency Crises with Self,fulfilling Features”, *European Economic Review*, 40, 1037-1047.
- Ötker, Inci, and Ceyla Pazarbaçioğlu**, 1994, “Exchange Market Pressures and Speculative Capital Flows in Selected European Countries”, IMF Working Paper 94/21 (Washington: International Monetary Fund, February).
- Ötker, Inci, and Ceyla Pazarbaçioğlu**, 1996, “Speculative Attacks and Currency Crises: The Mexican Experience”, *Open Economics Review*, Vol. 7, Sup. 1, pp.535-52.
- Ötker, Inci, and Ceyla Pazarbaçioğlu**, 1997; “Speculative Attacks and Macroeconomic Fundamental: Evidence from Some European Currencies”, *European Economic Review*, Papers and Proceedings, April 1997, 41, 847-860.
- Sachs, Jeffrey D., Aaron Tornell and Andrés Velasco**, 1996; “Financial Crises in Emerging Markets: The Lessons from 1995”, *Brookings Papers on Economic Activity*: 1, Brookings Institution, pp. 147-215.
- Vicéns Otero, Jose**, 1995, “Modelos con variables cualitativas dicotómicas”, *Centro Lawrence R. Klein*, Documento 95/5, Noviembre de 1995.