

## ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE RECESIÓN EN ESTADOS UNIDOS\*

Wildo González P.\*\*  
Alfredo Pistelli M.\*\*

### I. INTRODUCCIÓN

La crisis reciente del mercado de créditos hipotecarios de Estados Unidos ha generado preocupación respecto de la posibilidad de una recesión en ese país. El objetivo de esta minuta es describir algunas metodologías utilizadas para estimar la probabilidad de recesión y presentar sus resultados. Con esto se busca disponer de información adicional para el seguimiento de uno de los principales riesgos que enfrenta el escenario económico internacional. En cuanto a la estructura del trabajo, la segunda sección describe dichas metodologías, y la tercera y última presenta resultados, los que comprenden tanto probabilidades de recesión como umbrales de riesgo, y comentarios.

### II. DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍAS

Se describen dos metodologías para estimar la probabilidad de recesión en Estados Unidos. La primera corresponde a una estimación econométrica de un modelo probit, que calcula la probabilidad de recesión a un horizonte dado, a partir de variables financieras y no financieras que anticipan el comportamiento de la actividad. La segunda está basada en Hamilton (1989) y considera la estimación de un modelo de cambio de régimen (*switching*), que se parametriza para dos estados de la naturaleza: expansión y recesión. Como resultado se obtienen las probabilidades de transición a distintos estados, entre los que se considera una recesión. A continuación se describen ambas metodologías, y un método para estimar umbrales de riesgo para las probabilidades de recesión.

### 1. Modelo Probit

La metodología probit estima la probabilidad de que ocurra una recesión a un horizonte dado ( $k$  meses), a partir del comportamiento de un conjunto de indicadores económicos. Entre los indicadores utilizados en trabajos previos para estimar la probabilidad de recesión en Estados Unidos destacan: (i) la pendiente de la curva de rendimiento, representada por el diferencial entre el rendimiento de papeles de gobierno a 10 años y el de papeles de gobierno a 3 meses (TS); (ii) el diferencial de rendimiento de bonos corporativos Aaa y Baa (CS); (iii) el retorno accionario representado por la variación del índice S&P 500 (SP); (iv) la variación del indicador líder elaborado por el *Conference Board* (LEI); y (v) la tasa *Fed Fund* nominal (FF) y real (RFF).

El gráfico 1 muestra el comportamiento de estos indicadores desde enero 1960 hasta agosto 2007, destacando los períodos de recesión.<sup>1</sup> Como puede apreciarse, la pendiente de la curva de rendimiento se aplana e invierte en los meses previos a recesiones, en línea con expectativas de menor crecimiento (gráfico 1A). En tanto, el diferencial entre el rendimiento de bonos corporativos Aaa y Baa se tiende a ampliar en períodos de baja actividad (gráfico 1B), lo que se debería a que las empresas más riesgosas tienden a asumir más riesgo en períodos de baja actividad y a que los inversionistas ajustan sus portafolios a favor de activos menos riesgosos en períodos de

\* Se agradecen las sugerencias y valiosos comentarios de Felipe Jaque y Sergio Lehmann.

\*\* Gerencia de Análisis Internacional, Banco Central de Chile. E-mails: [wgonzale@bcentral.cl](mailto:wgonzale@bcentral.cl); [apistelli@bcentral.cl](mailto:apistelli@bcentral.cl)

<sup>1</sup> En este trabajo se utiliza la definición de períodos de recesión elaborada por el Business Cycle Dating Committee del National Bureau of Economic Research (NBER). No se define recesión como dos períodos consecutivos de caída del PIB, sino como una reducción significativa de la actividad económica a nivel de toda la economía. Entre las variables que se consideran para esta definición se encuentran: PIB real, ingreso real, empleo, producción industrial y ventas minoristas y mayoristas.

menor actividad (*flight to quality*). Por otro lado, el retorno bursátil (gráfico 1C) tiende a reducirse, al igual que el incremento del indicador líder del *Conference Board* (gráfico 1D). El comportamiento de este último confirma el deterioro de indicadores no financieros en los meses que anteceden a una recesión. Asimismo, la tasa *Fed Fund* (nominal y real) tiende a disminuir, lo que está asociado al esfuerzo de la Reserva Federal para aminorar la desaceleración del producto (gráfico 1E).

Utilizando como variables explicativas estos indicadores, se estima la probabilidad de recesión a partir de dos especificaciones. El primer modelo sigue a Filardo (2004) y Estrella y Mishkin (1998), incluyendo variables tanto financieras como no financieras (modelo I), mientras el segundo se basa en Wright (2006) y considera solo variables financieras para realizar la estimación (modelo II):

$$P(\text{recesión}_{t+k}/X_t) = \phi \left( \begin{array}{l} \alpha_0 + \alpha_1 TS_t + \alpha_2 CS_t \\ + \alpha_3 SP500_t + \alpha_4 LEI_t \end{array} \right)$$

(modelo I)

$$P(\text{recesión}_{t+k}/X_t) = \phi(\beta_0 + \beta_1 TS_t + \beta_2 FF_t + \beta_4 RFF_t)$$

(modelo II)

Para cada uno de estos modelos, se estima la probabilidad de que ocurra una recesión en 3 meses, 6 meses, 9 meses y 12 meses más ( $k=3, 6, 9$  y  $12$ ). Los datos utilizados son de frecuencia mensual y corresponden al período enero 1960 – agosto 2007. Los resultados se presentan en la tercera sección.

## 2. Modelo de Cambio de Régimen (*switching*)

Esta metodología considera únicamente la información contenida en la serie histórica de crecimiento del PIB para estimar la probabilidad de recesión. Siguiendo a Hamilton (1989), se supone que el proceso estocástico que describe el comportamiento de una serie de tiempo depende del estado de la naturaleza.

Para el caso particular de la serie de crecimiento del PIB, se presume que el proceso estocástico que describe esta serie es distinto en episodios de expansión (estado 0) que en episodios de recesión (estado 1). En términos formales, se puede representar el comportamiento de esta serie por un proceso autorregresivo que tiene la siguiente forma:

$$(y_t - \mu(S_t)) = \rho (y_{t-1} - \mu(S_{t-1})) + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

donde  $\mu(S_t) = \mu_0 + \mu_1 S_t$  es el crecimiento promedio en cada estado de la naturaleza ( $\mu_1 < 0$ ), y  $S_t = 0, 1$  (0 si estado expansivo, y 1 si estado recesivo). Además, se supone que las probabilidades de ocurrencia de cada estado siguen un proceso Markov de primer orden, lo que resume el proceso a cuatro probabilidades de transición:

$$\begin{aligned} P(S_t = 1 | S_{t-1} = 1) &= p \\ P(S_t = 0 | S_{t-1} = 1) &= 1 - p \\ P(S_t = 0 | S_{t-1} = 0) &= q \\ P(S_t = 1 | S_{t-1} = 0) &= 1 - q \end{aligned} \quad (2)$$

Considerando lo anterior, la estimación de la probabilidad de recesión en el próximo período se reduce a calcular las probabilidades de transición ( $p$  y  $q$ ) a partir del comportamiento de la serie de crecimiento del PIB. Así, en caso de que el estado actual no sea recesivo ( $S_t = 0$ ), la probabilidad de ocurrencia de una recesión en el próximo período ( $S_{t+1} = 1$ ) corresponderá a  $1-q$ . Los valores estimados para  $p$  y  $q$  son aquellos que maximizan una función de máxima verosimilitud cuya restricción es que las probabilidades de ocurrencia de los distintos estados sumen uno. Para esto, se utilizan datos trimestrales desde el primer trimestre de 1970 hasta el segundo trimestre del 2007.

### Estimación de umbrales de riesgo

Las metodologías anteriores entregan como resultado la probabilidad de una recesión, pero no identifican umbrales de riesgo. Si bien un umbral de 50% parece razonable, existen episodios de recesión que se han desencadenado con probabilidad menor.

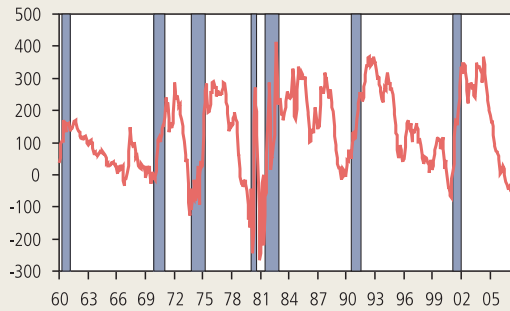
Para estimar umbrales para la probabilidad de recesión, aplicamos la metodología de Kaminsky y Reinhart (1999) y Pistelli (2006), quienes la utilizan en la evaluación de indicadores líderes de crisis externas. En términos generales, se define un umbral tal que se minimice un indicador ruido-sígnal que considera el tamaño de los errores tipo I (se sobrepasa el umbral y no ocurre recesión: falsa señal) y tipo II (no se sobrepasa el umbral y se produce una recesión).

A partir de una serie de probabilidades de recesión, podemos definir un indicador de alerta que emite una

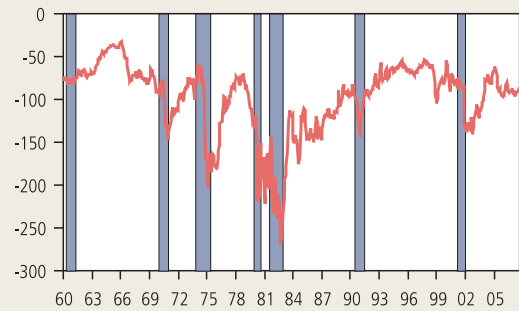
GRÁFICO 1

Indicadores Económicos y Episodios de Recesión

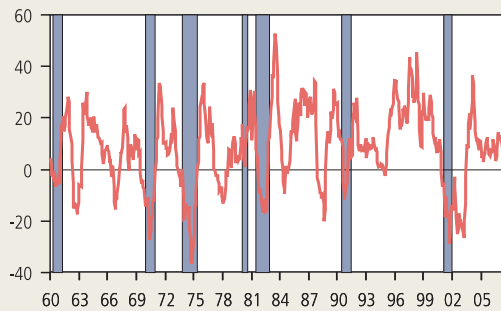
A. *Spread* tasas de interés (10 años - 3 meses, pb)



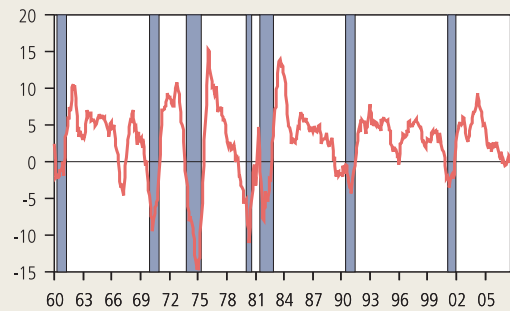
B. Diferencial *Spreads* corporativos (Aaa - Baa, pb)



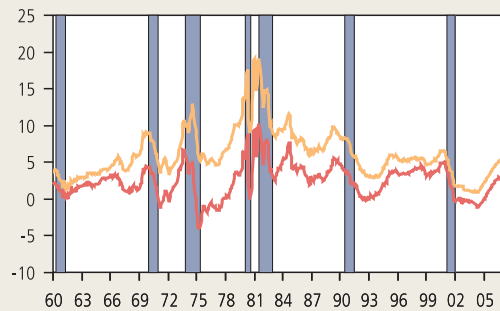
C. *Standard & Poor's* 500 (variación anual, %)



D. Indicador líder *Conference Board* (variación anual, %)



E. Tasa de interés *Fed Fund* (nominal y real, %)



Fuente: *Bloomberg*.

Nota: Áreas sombreadas corresponden a meses de recesión, según la definición elaborada por el *Business Cycle Dating Committee* del *National Bureau of Economic Research* (NBER).

señal de recesión cuando la probabilidad excede cierto umbral, y no emite señal si la probabilidad se ubica bajo este umbral. Así, podemos convertir la serie de probabilidad de recesión en una serie binaria (señal=1, no señal=0). Cada uno de los datos que conforman esta serie binaria puede clasificarse en alguna de las siguientes categorías:

|                  | Recesión<br>( $t+k$ ) | No Recesión<br>( $t+k$ ) |
|------------------|-----------------------|--------------------------|
| Señal ( $t$ )    | A                     | B<br>(error tipo I)      |
| No Señal ( $t$ ) | C<br>(error tipo II)  | D                        |

donde A, B, C y D son el número de observaciones en cada categoría (A+B+C+D es el número total de observaciones).

Luego, definimos un indicador ruido-señal como,  $RS = \alpha / (1 - \beta)$ , donde  $\alpha$  es el tamaño del error tipo I ( $B / (B+D)$ ) y  $\beta$  es el tamaño del error tipo II ( $C / (A+C)$ ). Así, este indicador alcanza valores entre 0 y 1, siendo igual a 0 cuando no hay errores ( $B=C=0$ ), e igual a 1 cuando todas las observaciones son erradas ( $A=D=0$ ). El valor que toma este indicador ruido-señal depende de la naturaleza de la serie, y del valor asignado para el umbral.

Finalmente, se escoge un valor para el umbral que minimice el indicador ruido-señal. Este procedimiento se repite con todas las series de probabilidad estimadas.

### III. RESULTADOS Y COMENTARIOS

El cuadro 1 presenta los resultados de las estimaciones econométricas de los modelos probit. Destaca el hecho de que la pendiente de la curva de rendimiento de los papeles del tesoro norteamericano es significativa en todas las especificaciones, y para

todos los plazos. Además, los resultados para el modelo I muestran que el indicador líder y el retorno bursátil son significativos para la estimación de probabilidad de recesión en horizontes cortos (3 y 6 meses), mientras que el diferencial de rendimientos de bonos corporativos Aaa y Baa se torna relevante para plazos de 9 y 12 meses. Adicionalmente, los resultados del modelo II muestran la relevancia de la tasa *Fed Fund*, la que afecta positivamente la probabilidad de recesión.

Así, los primeros indicios de una recesión deberían verse reflejados en un aplanamiento de la curva de rendimiento, y una eventual inversión de su pendiente, junto con la ampliación del diferencial de

CUADRO 1

#### Resultados de Estimaciones de Modelos Probit

|                              | Modelo I             |                      |                      |                      |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                              | [ $k=3m$ ]           | [ $k=6m$ ]           | [ $k=9m$ ]           | [ $k=12m$ ]          |
| <i>Spread</i> 10a-3m (TS)    | -0.004<br>[0.000]*** | -0.006<br>[0.000]*** | -0.008<br>[0.000]*** | -0.008<br>[0.000]*** |
| <i>Spread</i> Aaa-Baa (CS)   | -0.003<br>[0.195]    | -0.003<br>[0.237]    | -0.005<br>[0.044]**  | -0.005<br>[0.007]*** |
| Indicador Líder (LEI)        | -0.153<br>[0.000]*** | -0.085<br>[0.001]*** | -0.031<br>[0.212]    | -0.002<br>[0.945]    |
| S&P 500 (SP500)              | -0.043<br>[0.000]*** | -0.027<br>[0.000]*** | -0.01<br>[0.114]     | 0.007<br>[0.294]     |
| Observaciones                | 569                  | 566                  | 563                  | 560                  |
| Pseudo R <sup>2</sup>        | 0.52                 | 0.42                 | 0.37                 | 0.31                 |
| Meses recesiones             | 84                   | 84                   | 84                   | 84                   |
|                              | Modelo II            |                      |                      |                      |
|                              | [ $k=3m$ ]           | [ $k=6m$ ]           | [ $k=9m$ ]           | [ $k=12m$ ]          |
| <i>Spread</i> 10a-3m (TS)    | -0.002<br>[0.001]*** | -0.004<br>[0.000]*** | -0.006<br>[0.000]*** | -0.006<br>[0.000]*** |
| <i>Fed Fund</i> Nominal (FF) | 0.145<br>[0.000]***  | 0.099<br>[0.005]***  | 0.089<br>[0.020]**   | 0.114<br>[0.004]***  |
| <i>Fed Fund</i> Real (RFF)   | 0.018<br>[0.664]     | 0.146<br>[0.002]***  | 0.157<br>[0.007]***  | 0.026<br>[0.679]     |
| Observaciones                | 569                  | 566                  | 563                  | 560                  |
| Pseudo R <sup>2</sup>        | 0.22                 | 0.34                 | 0.40                 | 0.34                 |
| Meses recesiones             | 84                   | 84                   | 84                   | 84                   |

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Entre paréntesis, valores *p* robustos.

\* significativo al 10%; \*\* significativo al 5%; \*\*\* significativo al 1%.

rendimientos de bonos corporativos. Posteriormente, a medida que nos acercamos al momento en que se desencadena la recesión, se hace más evidente un deterioro de indicadores reales, resumidos en el indicador líder de *Conference Board*, y se produce una caída en el retorno bursátil.

El comportamiento reciente de las probabilidades de recesión obtenidas utilizando los modelos probit (gráfico 2) muestra una tendencia alcista desde principios del 2005, alcanzando un máximo en marzo recién pasado (cuadro 2). Con posterioridad a esta fecha se observa una caída, explicada fundamentalmente por un aumento de la pendiente de la curva de rendimiento.

Las probabilidades de recesión a 3 y 6 meses se mantienen en niveles relativamente bajos, mientras que las probabilidades a 9 y 12 meses sobrepasan los umbrales de riesgo a fines del 2006 y comienzos del 2007. Según esto, los mayores riesgos de recesión se concentran en el segundo y el tercer trimestre del 2008.

En línea con los modelos probit, el modelo de cambio de régimen muestra aumentos sucesivos de la probabilidad de recesión en los últimos trimestres, pero que aún se mantiene en niveles muy por debajo del umbral de riesgo (cuadro 3 y gráfico 3). Por último, es importante mencionar que estas metodologías son una herramienta que aporta al análisis de riesgos, pero no busca dar una respuesta categórica.

CUADRO 2

**Probabilidad de Recesión en  $k$  Meses**  
(modelos probit, %)

|        | Modelo I |          |             |             | Modelo II |          |          |             |
|--------|----------|----------|-------------|-------------|-----------|----------|----------|-------------|
|        | $k = 3m$ | $k = 6m$ | $k = 9m$    | $k = 12m$   | $k = 3m$  | $k = 6m$ | $k = 9m$ | $k = 12m$   |
| Ene-06 | 8.8      | 17.7     | 26.8        | 29.8        | 10.6      | 11.8     | 13.2     | 14.8        |
| Feb-06 | 12.2     | 21.3     | 29.0        | 30.2        | 11.5      | 13.4     | 15.0     | 16.2        |
| Mar-06 | 7.8      | 16.5     | 25.2        | 28.2        | 11.5      | 13.3     | 14.7     | 15.7        |
| Abr-06 | 5.4      | 12.2     | 19.5        | 23.5        | 11.3      | 12.4     | 12.9     | 13.9        |
| May-06 | 8.0      | 14.7     | 20.3        | 22.4        | 11.8      | 13.2     | 13.8     | 14.4        |
| Jun-06 | 15.9     | 22.2     | 25.8        | 24.9        | 12.3      | 13.6     | 14.6     | 15.5        |
| Jul-06 | 19.9     | 27.3     | 31.7        | 29.9        | 14.0      | 16.8     | 18.8     | 19.0        |
| Ago-06 | 22.4     | 31.7     | 38.2        | <b>37.0</b> | 15.1      | 18.7     | 22.0     | 22.5        |
| Sep-06 | 15.0     | 26.2     | 36.1        | <b>37.7</b> | 15.1      | 18.7     | 22.0     | 22.5        |
| Oct-06 | 11.9     | 24.4     | 37.6        | <b>42.9</b> | 15.6      | 20.1     | 24.3     | 24.5        |
| Nov-06 | 18.4     | 31.7     | 43.5        | <b>46.4</b> | 16.5      | 22.5     | 27.9     | <b>27.4</b> |
| Dic-06 | 16.6     | 29.6     | 41.7        | <b>45.1</b> | 16.1      | 21.6     | 26.5     | <b>26.2</b> |
| Ene-07 | 19.9     | 31.4     | 41.7        | <b>43.8</b> | 15.8      | 20.2     | 24.5     | <b>25.0</b> |
| Feb-07 | 18.6     | 31.4     | 43.0        | <b>46.1</b> | 16.3      | 21.2     | 26.2     | <b>26.7</b> |
| Mar-07 | 25.4     | 38.1     | <b>48.7</b> | <b>49.3</b> | 16.8      | 23.1     | 28.8     | <b>28.4</b> |
| Abr-07 | 17.8     | 29.3     | 39.9        | <b>42.7</b> | 15.8      | 21.4     | 25.7     | 24.8        |
| May-07 | 9.5      | 19.6     | 31.3        | <b>37.6</b> | 14.8      | 19.5     | 22.5     | 21.4        |
| Jun-07 | 5.1      | 10.8     | 18.1        | 24.5        | 12.6      | 15.0     | 15.3     | 14.4        |
| Jul-07 | 5.1      | 13.4     | 25.0        | 33.5        | 14.1      | 18.2     | 20.2     | 18.9        |
| Ago-07 | 7.9      | 13.8     | 19.2        | 22.2        | 11.8      | 13.8     | 14.1     | 13.8        |
| Umbral | 70       | 60       | 45          | 35          | 50        | 50       | 50       | 25          |

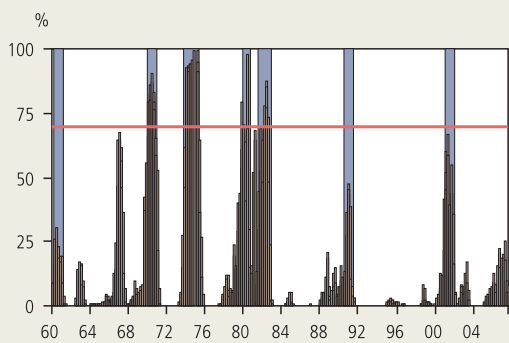
Fuente: Elaboración propia de los autores.

Nota: Valores en negrita corresponden a meses en que la probabilidad de recesión supera el umbral de riesgo.

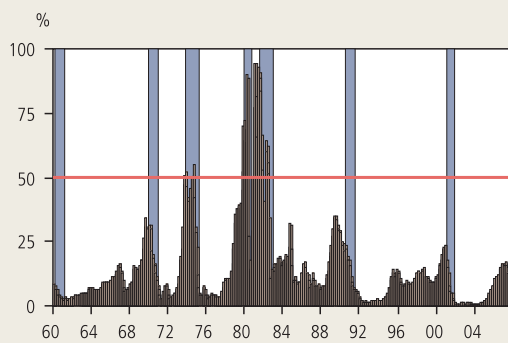
**GRÁFICO 2**

**Probabilidad de Recesión en Modelos Probit**  
**P(recesión  $t+k$ ) y umbrales de riesgo**

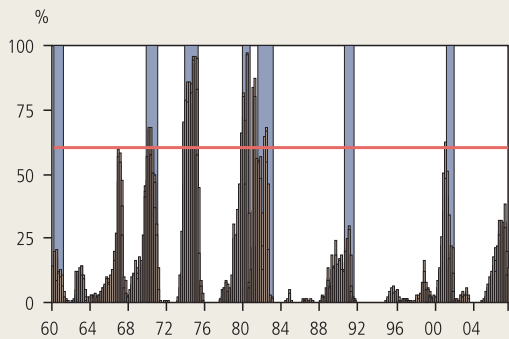
A. Modelo I  
 (+3 meses)



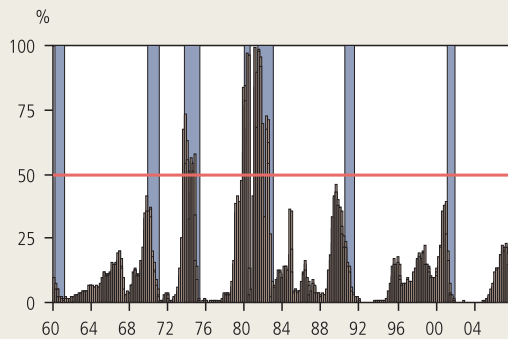
B. Modelo II  
 (+3 meses)



C. Modelo I  
 (+6 meses)



D. Modelo II  
 (+6 meses)

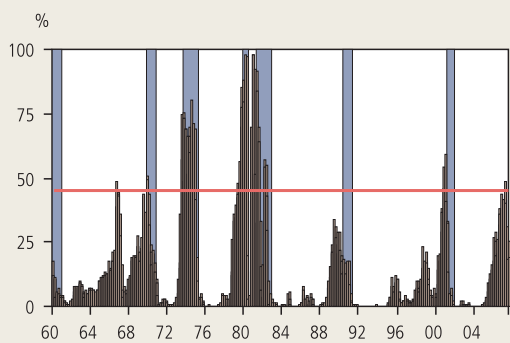


Fuente: Elaboración propia de los autores.

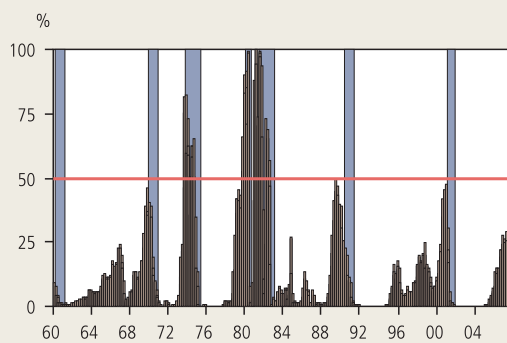
continuación GRÁFICO 2

**Probabilidad de Recesión en Modelos Probit**  
**P(recesión  $t+k$ ) y umbrales de riesgo**

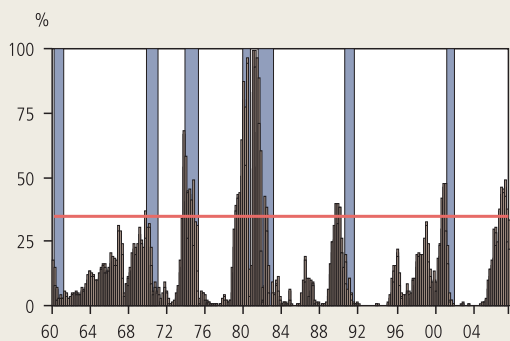
A. Modelo I  
 (+9 meses)



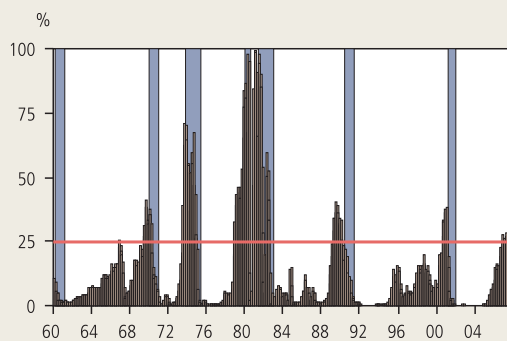
B. Modelo II  
 (+9 meses)



C. Modelo I  
 (+12 meses)



D. Modelo II  
 (+12 meses)



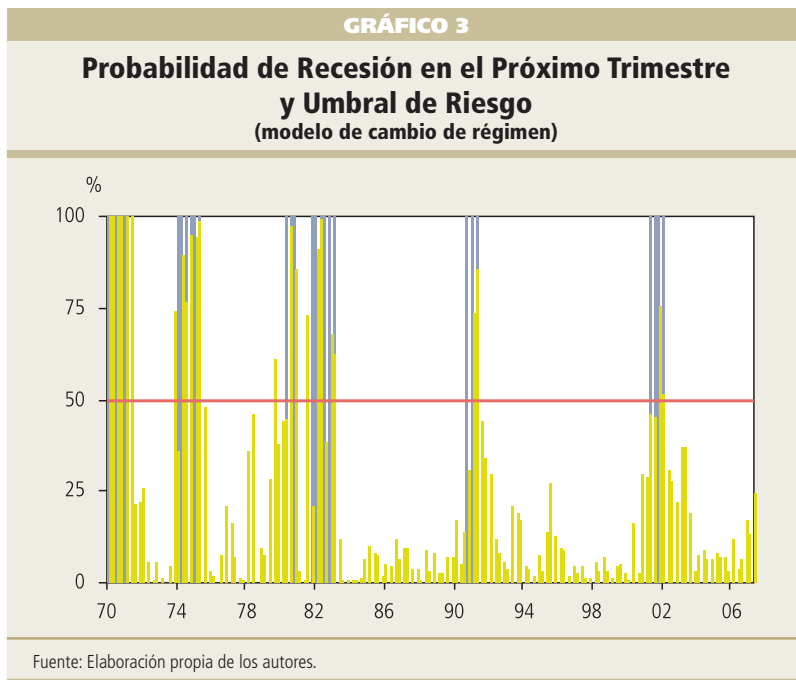
Fuente: Elaboración propia de los autores.

**CUADRO 3**

**Probabilidad de Recesión en Próximo Trimestre (modelo de cambio de régimen)**

|         | %    |
|---------|------|
| 1t 2006 | 12.0 |
| 2t 2006 | 3.8  |
| 3t 2006 | 6.4  |
| 4t 2006 | 16.7 |
| 1t 2007 | 13.4 |
| 2t 2007 | 24.6 |
| Umbral  | 50   |

Fuente: Elaboración propia de los autores.



**REFERENCIAS**

Estrella, A. y F. Mishkin (1998). "Predicting US Recessions: Financial Variables as Leading Indicators." *Review of Economics and Statistics* 80 (1): 45-61.

Filardo, A. (2004). "The 2001 US Recession: What did Prediction Models Tell Us?" En *Business Cycles and Economic Growth: An Analysis Using Leading Indicators*, Oxford University Press.

Hamilton, J. (1989). "A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and Business Cycles." *Econometrica* 57(2): 357-84.

Kaminsky, G. y C. Reinhart (1999). "The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems." *American Economic Review* 89(3): 473-500.

Pistelli, A. (2006). "Speculative Currency Attacks: Role of Inconsistent Macroeconomic Policies and Real Exchange Rate Overvaluation." Documento de Trabajo N°379, Banco Central de Chile.

Wright, J. (2006). "The Yield Curve and Predicting Recessions." *Finance and Economics Discussion Series*, Federal Reserve Board, febrero.