

# Ejercicios de Tensión del Capital en la Banca Chilena<sup>1</sup>

Carlos Budnevich Le-Fort<sup>2</sup>  
Sergio Huerta Vial<sup>3</sup>

Mayo 2006

---

<sup>1</sup>Se agradecen la valiosa colaboración Ximena Alvarez y Debbie Weinstein, y los útiles comentarios de Julio Acevedo, Gunther Held y Raúl Romero. Por cierto que los errores que aún subsistan son de exclusiva responsabilidad de los autores.

<sup>2</sup> Asesor externo de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras.

<sup>3</sup> Jefe del Departamento de Estudios de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras.

## Resumen Ejecutivo

Uno de los pilares del proceso de supervisión bancaria delineado en el documento “Convergencia Internacional de Medidas y Normas de Capital” (Basilea II), publicado por el Comité de Basilea de Supervisión Bancaria publicó en junio de 2004, requiere que los bancos elaboren y apliquen pruebas de tensión sobre la solvencia de sus capitales y que la entidad supervisora exprese su punto de vista en cuanto a la confiabilidad de los modelos utilizados. Estas pruebas procuran determinar las pérdidas de capital que se producirían en los bancos ante eventos improbables pero plausibles en el entorno económico y financiero.

De acuerdo con el cronograma establecido por la SBIF, como parte de la preparación para cumplir con los Principios Básicos de Supervisión Bancaria que establece el Nuevo Marco de Capital, durante el año 2006 los bancos deberán efectuar ejercicios de tensión de sus capitales.

Para facilitar la transición hacia Basilea II y tener una visión global de los efectos que podrían tener ciertos eventos extremos sobre la solvencia de los bancos en su conjunto, la SBIF ha estado trabajando en la elaboración y aplicación de ejercicios de tensión al sistema bancario chileno.

Este documento presenta los resultados de un ejercicio de tensión aplicado en octubre de 2005 y aborda temas conceptuales y metodológicos que derivan en consideraciones que debieran tenerse en mente al momento de definir, aplicar y delimitar los alcances de las pruebas de tensión.

El trabajo adopta, como punto de partida, el modelo básico que se aplicó a la banca chilena, diseñado originalmente por el Programa de Evaluación de la Estabilidad Financiera (FSAP). A fin de identificar las fortalezas y debilidades de ese modelo, inicialmente, el trabajo hace una revisión de las diversas metodologías para aplicar pruebas de tensión; ello con el objeto de sentar las bases para aplicar ejercicios de tensión sustentados en modelos a la realidad económica y financiera en la cual se desarrolla la actividad bancaria en el país.

De esa forma, aunque el diseño, especificación y aplicación de los ejercicios de tensión desarrollados en este trabajo se basan en modelos similares a los aplicados en el contexto del Programa de Evaluación de la Estabilidad Financiera (FSAP) realizado en Chile en 2004, se procuró incorporar la experiencia internacional sobre la materia. Aunque ello no involucra mayores diferencias metodológicas, su aplicación práctica arroja resultados que difieren de los obtenidos al aplicar la metodología FSAP.

Los ejercicios de tensión fueron aplicados a factores de riesgo asociados al riesgo crediticio, de tipo de cambio y de tasas de interés. Adicionalmente, se considera el premio por riesgo país, que puede reflejarse en la volatilidad de los tipos de cambio o de las tasas de interés.

El trabajo adopta tanto el enfoque de escenarios como el de sensibilidad. Una vez definidos los escenarios y determinado la magnitud del impacto de los choques subyacentes a los diversos escenarios o pruebas de sensibilidad, el trabajo realiza un análisis de los resultados que se obtuvieron de los ejercicios a nivel del sistema bancario, indicando el número de bancos que pueden ser afectados por los diferentes choques que fueron modelados.

Básicamente, los resultados encontrados permiten afirmar que el sistema bancario chileno cuenta con el respaldo patrimonial suficiente para sortear los diversos choques y escenarios extremos que fueron modelados; en particular, prácticamente todos los bancos mantendrían índices de Basilea por sobre el 10% ante los diversos eventos de crisis que fueron modelados.

# Índice

1	Introducción.....	4
2	Conceptos y metodologías.....	5
2.1	Propiedades de las pruebas de tensión aplicadas a un sistema financiero .....	5
2.2	Aspectos Metodológicos.....	6
2.2.1	Consideraciones preliminares .....	6
2.2.2	Tipos de análisis.....	7
2.3	Especificación de las Pruebas de Tensión.....	10
2.3.1	Proceso de aplicación .....	10
2.3.2	Consideraciones básicas .....	10
2.3.3	Horizontes temporales .....	11
2.3.4	Identificación de factores de riesgo.....	11
2.3.5	Otras consideraciones.....	12
2.3.6	Algunas experiencias de modelación.....	12
2.3.7	Antecedentes sobre escenarios de riesgos considerados internacionalmente .....	13
3	Análisis Estadístico de los Riesgos de Mercado .....	15
3.1	Metodología aplicada a los Ejercicios de Tensión .....	15
3.2	Determinación de los shocks de Tasas de Interés y Factores de Riesgo .....	15
3.2.1	Determinación de Factores de Riesgo.....	16
3.2.2	Factores de Sensibilidad .....	17
3.2.3	Separación de los impactos en el libro de negociación y el libro de banca.....	18
3.3	Shocks de Tipo de Cambio .....	18
3.4	Shocks de Riesgo Soberano.....	19
4	Resultados de los Ejercicios de Tensión para Riesgos de Mercado.....	20
4.1	Shocks de Tasas de Interés .....	20
4.1.1	Efectos en el libro de Negociación .....	20
4.1.2	Efectos en el libro de Banca para posiciones de hasta 1 año plazo.....	20
4.1.3	Efectos en el Valor Económico del Capital .....	21
4.2	Shocks de Tipos de Cambio.....	22
4.2.1	Efecto del descalce en pesos de exposiciones en US\$ observado y US\$ de mercado.....	23
4.3	Shocks de Riesgo Soberano.....	24
4.3.1	Efectos de un traspaso del shock de riesgo país a las tasas de interés locales .....	24
4.3.2	Efectos de un traspaso del shock de riesgo país al tipo de cambio .....	26
5	Metodologías Utilizadas para analizar Riesgo de Crédito .....	27
5.1	Estimación Econométrica de Gasto de Provisiones: Un Enfoque de Panel .....	27
5.2	Riesgo de Crédito en las Sociedades Anónimas .....	30
6	Resultados de las Pruebas de Tensión para Riesgo de Crédito .....	31
6.1	Simulaciones con la Estimación Econométrica de Gasto de Provisiones .....	31
6.2	Riesgo de Crédito en las Sociedades Anónimas .....	33
7	Conclusiones de los Ejercicios de Tensión.....	34
	Bibliografía .....	36
	Anexos .....	38

# 1 Introducción

Las pruebas de tensión permiten identificar vulnerabilidades potenciales de las entidades financieras a eventos macroeconómicos adversos, por lo que constituyen una importante herramienta para comprobar la resistencia de la estabilidad de un sistema financiero a movimientos adversos en los mercados.

Iniciativas recientes han procurado destacar el rol de las pruebas de tensión, considerándolas explícitamente en la evaluación de la estabilidad financiera y en las prácticas supervisoras. Una de las iniciativas más relevantes ha sido la inclusión de las pruebas de tensión en el Programa de Evaluación del Sector Financiero (Financial Sector Assessment Program, FSAP) que realizan periódicamente el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial. Por otro lado, uno de los pilares del proceso de supervisión bancaria contemplados en el Nuevo Marco de Capital prevé requisitos adicionales de capital para cubrir el riesgo de pérdidas no esperadas en situaciones de carácter excepcional, que los bancos elaboren y prueben modelos de tensión de sus capitales y que la autoridad supervisora exprese su punto de vista en cuanto a su confiabilidad.

Durante el período 2003-04, las autoridades del Banco Central de Chile (BCCH) y de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF) realizaron, en conjunto con la misión FSAP, ejercicios de para el sector bancario chileno. El propósito fue cuantificar el impacto sobre el balance de los bancos de eventos macroeconómicos adversos y elaborar un diagnóstico de la capacidad de los bancos para absorber pérdidas potenciales frente a esas condiciones.

De acuerdo al cronograma establecido por la SBIF, a partir del año 2006, los bancos en Chile deberán efectuar ejercicios de tensión de solvencia de sus capitales, para cumplir con las directrices que establece el Nuevo Marco de Capital. Con el objeto de facilitar esta transición, la Superintendencia publicará información respecto a pruebas de tensión aplicadas a la industria bancaria chilena.

Para facilitar la transición hacia Basilea II y tener una visión global de los efectos que podrían tener ciertos eventos extremos sobre la solvencia de los bancos en su conjunto, la SBIF ha estado trabajando en la elaboración y aplicación de ejercicios de tensión al sistema bancario chileno.

En este documento se presenta un ejercicio aplicado en octubre de 2005, que se espera sirvan de referencia para que los bancos realicen sus propias pruebas y para el ejercicio que se aplicará durante el segundo semestre de este año para cumplir con los Principios Básicos de Supervisión Bancaria que establece el nuevo Marco de Capital, como se programó en la "Hoja de Ruta para la Transición de la Banca Chilena a Basilea II".

Cabe advertir que algunas de las pruebas presentadas en este trabajo, aunque pueden ser replicadas por aquellos bancos que tienen mayor cultura en la aplicación de pruebas de tensión, plantean altas exigencias en términos de bases de datos y de modelación estadística. Además, aún cuando todas las pruebas son relevantes para el sistema bancario como un todo, considerando la diversidad en el perfil de negocios entre los bancos, algunas de ellas pueden ser más relevantes para algunos bancos y algunas más relevantes para otros. Es por ello que cada banco debe definir el tipo de enfoque y la manera de medir los impactos de la manera que sea más adecuada a su perfil de negocios, lo que en todo caso, para efectos del ejercicio que se aplicará en el contexto de la Hoja de Ruta, deberá contar con la conformidad de la SBIF.

El documento se organiza como sigue. En la primera sección se presenta una revisión de los aspectos conceptuales y metodológicos. En la sección siguiente se realiza un análisis estadístico de los riesgos de tasas de interés, de tipo de cambio y de riesgo soberano en Chile. En la tercera sección se presentan los resultados de los ejercicios de tensión para riesgos financieros. La cuarta sección describe las metodologías utilizadas para analizar el riesgo de crédito. Los resultados de las pruebas de tensión para riesgo de crédito se presentan en la quinta sección. Para finalizar se presentan las conclusiones que se derivan de los resultados de los ejercicios de tensión para la banca chilena.

## 2 Conceptos y metodologías

### 2.1 Propiedades de las pruebas de tensión aplicadas a un sistema financiero

Una prueba de tensión puede describirse como un conjunto de técnicas que procuran medir la sensibilidad de un portafolio de activos y pasivos, de una entidad financiera o de un sistema financiero, a un conjunto de eventos extremos pero plausibles. Los resultados de una prueba de tensión constituyen una estimación gruesa de cómo cambia el valor de un portafolio ante variaciones extremas en algunas variables de mercado<sup>4</sup>.

Para medir la sensibilidad a eventos que puedan propagarse, estas técnicas se están aplicando crecientemente a grupos de instituciones financieras o incluso a todo el sistema financiero.

El concepto de prueba de tensión a nivel de sistema es bastante abstracto puesto que no existen reglas precisas para definir el nivel de agregación que debe usarse ni tampoco para procesar el comportamiento dinámico de las carteras. En la práctica, es usual que los ejercicios de tensión a nivel de sistema se apliquen sólo sobre un subconjunto de instituciones<sup>5</sup> (normalmente el sistema bancario) y que supongan que no hay cambios en la composición de carteras durante el horizonte de análisis.

Las pruebas de tensión a nivel de sistema difieren bastante de las que se aplican a entidades individuales pues el propósito es diferente. Las primeras procuran identificar vulnerabilidades comunes entre instituciones que pueden socavar la estabilidad global del sistema financiero. Lo que se busca es entender cómo cambios extremos en el ambiente económico pueden afectar al sistema financiero. Las segundas, en tanto, se centran en el análisis de vulnerabilidades particulares a cada institución. Otra diferencia reside en la complejidad y nivel de agregación, lo que puede involucrar la comparación de carteras heterogéneas y requerir diferentes supuestos y diversos métodos de cálculo.

En todo caso, las pruebas de tensión a nivel de sistema no pretenden reemplazar las que realizan regularmente las instituciones financieras individuales; más bien se han diseñado para complementarlas, para tener una mejor comprensión de la sensibilidad de todo el sistema a una variedad de choques.

Las pruebas de tensión aplicadas a un sistema financiero, aunque pueden ser intensivas en el uso de recursos, generan una serie de beneficios, entre otros: (i) proveen información sobre el comportamiento del sistema financiero ante eventos excepcionales, lo que resulta también en un diagnóstico de las vulnerabilidades del mismo; (ii) complementan los ejercicios aplicados a instituciones financieras individuales; (iii) ayudan a identificar debilidades en la recolección de datos, en los sistemas de información y en la gestión de riesgos; (iv) permiten aumentar las destrezas en el análisis de riesgos, tanto por parte de los supervisores como de las entidades financieras involucradas; (v) promueven la cooperación; y (vi) ayudan a comprender mejor los riesgos y las interrelaciones existentes entre el sector financiero y la macroeconomía.

Como lo hacen notar el FMI y el Banco Mundial, el valor agregado de los ejercicios de tensión aplicados al sistema financiero se asocia al proceso consultivo en sí mismo que: (i) integra una visión futura respecto de las perspectivas macroeconómicas; (ii) centra la atención sobre el sistema financiero como un todo; y (iii) constituye un enfoque uniforme para identificar exposiciones de las entidades financieras.

No obstante, los ejercicios de tensión a nivel de sistema deben considerarse como un área del conocimiento que, tanto en la teoría como en la práctica, aún está en pleno desarrollo<sup>6</sup>. Hay varias complejidades que deben considerarse, tales como niveles de agregación, modelación e interacción entre la economía y la banca.

Las pruebas de tensión aplicadas al sistema financiero pueden efectuarse compilando los resultados de pruebas realizadas sobre carteras de las firmas individuales o aplicando una prueba de tensión común a la cartera agregada del sistema. Aunque se base en escenarios comunes, la agregación de resultados

4 Ya que resultan en estimaciones gruesas, los ejercicios de tensión no constituyen una herramienta precisa por lo que deben ser interpretados con la debida cautela. Tal como lo nota el Comité sobre el Sistema Financiero Global (2000) del Banco de Pagos Internacionales, las pruebas de tensión estiman la exposición a un evento específico, pero no la probabilidad de ocurrencia de dicho evento. Pueden proveer información respecto de cuánto se puede perder en un determinado escenario, pero no respecto de cuán probable es la ocurrencia del escenario.

5 En consecuencia se ignoran las interrelaciones institucionales inherentes a cualquier sistema financiero.

6 Ver Mawdsley, McGuire y O'Donnell (2004).

individuales puede generar un cierto grado de imprecisión, especialmente cuando los enfoques adoptados por las distintas entidades involucradas no son uniformes. A pesar de que la aplicación de pruebas de tensión a datos agregados permite un análisis más consistente, se excluye información valiosa que sí captura el primer tipo de enfoque. Esa información se refiere básicamente al conocimiento que cada institución tiene de sus propias exposiciones.

Dado que el comportamiento de los bancos y de la actividad económica tiene un carácter endógeno (existe una dependencia mutua), un ejercicio de tensión ideal debiera tomar en cuenta explícitamente la reacción de los bancos. Aunque puede introducir un grado de dependencia entre las trayectorias de las variables claves, ello resultaría en una visión más precisa de cómo la economía responde ante un shock. Sin embargo, la realización de un ejercicio de esa naturaleza requeriría condiciones de laboratorio y un compromiso de recursos prácticamente prohibitivo. Una solución a este problema sería realizar el análisis con un pequeño subconjunto de bancos, pero ello levantaría dudas acerca de su alcance y cobertura.

Cabe notar que algunos efectos de la endogeneidad pueden ser captados por un modelo macroeconómico estimado con datos históricos, que replique el comportamiento pasado de los bancos ante cambios en las variables económicas, teniendo cuidado de no perder de vista que la conducta de los bancos en situaciones extremas puede diferir de la que tienen normalmente y que el impacto de la interacción entre las variables económicas puede ser mucho más dramático que el impacto estimado<sup>7</sup>.

En suma, los resultados de las pruebas de tensión deben ser interpretados en términos indicativos y como estimaciones gruesas del impacto de los shocks. El valor de estos ejercicios radica en la obtención de indicaciones del orden de magnitud de los efectos que tendrían eventos extremos, de las instituciones más vulnerables y de los aspectos que requieren más investigación.

## 2.2 Aspectos Metodológicos

### 2.2.1 Consideraciones preliminares

Al realizar un ejercicio de tensión a nivel de sistema es primordial tener claro cuál será la cobertura del ejercicio y qué tipo de enfoque se aplicará. La cobertura de las pruebas de tensión depende críticamente de las circunstancias específicas de cada país, de la complejidad de su sistema financiero y de la disponibilidad de datos. Algunos ejercicios pueden enfocarse al sistema bancario completo, considerando un análisis individual de cada banco; otros pueden considerar sólo a los bancos sistémicamente importantes, concentrarse en una evaluación del sistema bancario agregado o sólo en bancos de origen doméstico.

En la medida de que se disponga de información, las pruebas de tensión pueden aplicarse a los grupos financieros consolidados, incorporando las filiales y/o coligadas no bancarias; sin embargo, este tipo de ejercicio resulta altamente complejo y requiere de la colaboración de las entidades financieras, que deben poner a disposición de los reguladores sus datos de riesgo y modelos. Aunque la cobertura de las pruebas de tensión depende en último término de la disponibilidad de información, la exclusión de instituciones financieras no bancarias también puede responder al hecho de que tales entidades no representan una amenaza para el sistema de pagos o no suponen un efecto contagio importante.

Las pruebas de tensión aplicadas al sistema pueden clasificarse en dos tipos: pruebas simultáneas a múltiples portafolios que usan escenarios comunes y pruebas de escenarios sobre un portafolio agregado o sobre un modelo del sistema financiero completo. La construcción de un portafolio agregado o de un modelo del sistema con suficiente detalle es una tarea ardua y compleja, de manera que la

---

<sup>7</sup> Debe tenerse en cuenta, además, que muchos modelos econométricos y estadísticos se construyen sobre la base de relaciones lineales en los logaritmos entre las variables involucradas, lo que resulta en relaciones proporcionales entre esas variables. No es claro que la economía y las instituciones financieras se comporten de ese modo en situaciones de tensión, ya que un evento extremo puede provocar una reacción más que proporcional sobre las variables relevantes. Con todo, no existen fórmulas para lidiar con este problema pues, en general, los modelos se estiman para reflejar el promedio más que las colas de la distribución de probabilidad. Esto representa un desafío interesante, ya que requiere el desarrollo de metodologías que permitan una mejor medición de las colas de la distribución, tarea bastante compleja si se considera que los eventos extremos por definición son esporádicos. Por ahora, resta la experiencia de otros países para lidiar con eventos extremos, experiencia que puede ser bastante útil para hacer inferencias.

mayoría de las pruebas de tensión agregadas se aplica sobre un escenario común a un conjunto de instituciones<sup>8</sup>. El primer tipo de enfoque tiene la ventaja de proveer información respecto del impacto global de los shocks y de su distribución al interior del sistema financiero, lo que puede ser útil para entender el potencial efecto de contagio y de pérdida de confianza sobre la estabilidad del sistema financiero. La realización de ejercicios sobre portafolios agregados e individuales resulta en un panorama más completo de las vulnerabilidades del sistema financiero.

La experiencia del FMI indica que la mayor parte de las pruebas de tensión realizadas en el contexto FSAP se han realizado en el sector bancario<sup>9</sup> y que, cuando se incluyen instituciones financieras no bancarias, éstas corresponden a compañías de seguros, bancos hipotecarios y financieras.

## 2.2.2 Tipos de análisis

En esencia, todos los ejercicios de tensión involucran uno de los siguientes enfoques: análisis de sensibilidad y análisis de escenarios. Recientemente, ha surgido también el análisis de contagio, que busca capturar el proceso de transmisión de impactos desde una entidad financiera individual al resto del sistema. Los análisis de sensibilidad y de escenarios son los más usuales y para los cuales existen más antecedentes. Por ello es que este trabajo se centra básicamente en ellos.

Es conveniente tener en cuenta que, independientemente del tipo de análisis, lo que arroja una prueba de tensión es una cuantificación de las pérdidas potenciales en un determinado contexto pero, por la naturaleza de los fenómenos involucrados, ninguno de ellos entrega información respecto de la probabilidad de ocurrencia de los eventos involucrados en dicho contexto.

### Análisis de sensibilidad

Este tipo de análisis busca identificar las vulnerabilidades del sistema financiero ante cambios en la variables financieras individuales, tales como tasas de interés y tipos de cambio, y tiene como propósito medir el impacto de un evento particular, asociando dicho evento al movimiento de un solo factor de riesgo (aunque también puede incorporar efectos de retroalimentación en otras variables de riesgo<sup>10</sup>). Los análisis de sensibilidad se han utilizado por largo tiempo, sea para la gestión de activos y pasivos o, bien, para manejar portafolios expuestos a un pequeño número de factores de riesgo. La idea es aplicar cambios hipotéticos en cada factor de riesgo y usar las ecuaciones de precio para determinar el impacto en el valor del portafolio. Por ejemplo, pueden suponerse variaciones de  $x\%$  en el tipo de cambio,  $y\%$  en las tasas de interés, etc. Cada combinación particular de cambios en los factores de riesgo resulta en un nuevo valor del portafolio y en determinadas ganancias o pérdidas. Las principales limitaciones de este tipo de enfoque son, por un lado, que se hace inmanejable ante la presencia de muchos factores de riesgo y, por otro lado, que no reconoce la interdependencia de los factores de riesgo ni los efectos de retroalimentación que pudieran existir.

### Análisis de escenarios

El propósito de un análisis de escenarios es evaluar la resistencia del sistema financiero a cambios simultáneos en ciertas variables económicas. Para asegurar que los movimientos de las variables macroeconómicas sean consistentes con la estructura subyacente de la economía, normalmente se usa un modelo econométrico para procesar los impactos.

Un escenario puede estar dado por movimientos simultáneos en una o varias tasas de interés, en los tipos de cambio, en los precios de acciones, etc. Estos movimientos pueden ir desde variaciones relativamente moderadas hasta cambios extremos y pueden expresarse en términos de variaciones absolutas, cambios porcentuales, unidades de desviación estándar, etc. Por ejemplo, el Derivatives Policy Group (1995) ha sugerido escenarios que incluyen cambios paralelos de 100 puntos base en la curva de rendimientos, variaciones de  $\pm 25$  puntos base en la pendiente de la curva de rendimiento,

8 Un ejemplo importante del enfoque agregado puede encontrarse en Elsinger, Lejar y Summer (2002) que desarrollan un modelo de exposiciones interbancarias tomando en cuenta efectos de retroalimentación entre bancos y efectos dominó potenciales derivados de eventuales incumplimientos crediticios por parte de algunos bancos.

9 Para mayor detalle ver FMI (2003).

10 Un ejemplo sería incorporar los efectos financieros directos derivados de una modificación en las tasas de interés, así como los efectos indirectos de dichas variaciones en las tasas de interés en el riesgo de crédito de los deudores bancarios.

cambios de  $\pm 10\%$  en el índice accionario, variaciones de  $\pm 6\%$  en el tipo de cambio, y alteraciones de  $\pm 20\%$  en la volatilidad. Si lo que interesa son los efectos de eventos extremos, pueden considerarse variaciones de 5 o 10 desviaciones estándar en el precio subyacente relevante.

Los escenarios pueden replicar situaciones históricas, como la crisis de Rusia, la devaluación de Tailandia y Brasil, etc. Para recrear escenarios históricos se requiere contar con datos de series de tiempo que permitan identificar las mayores variaciones de precios. Para Estados Unidos, por ejemplo, la mayor caída diaria en el índice bursátil, de 23%, ocurrió el 19 de octubre de 1987; mientras que la mayor caída en el precio de los bonos del Tesoro equivalente a 9,5%, ocurrió durante 1994.

Cuando se realiza análisis de escenarios, pueden aplicarse dos tipos de enfoques básicos. Uno de ellos permite la interacción simultánea de varios shocks; por ejemplo, el escenario puede involucrar cambios simultáneos en las tasas de interés, el tipo de cambio y los precios de los activos inmobiliarios, con los movimientos correspondientes en el riesgo de crédito. El otro en que las variaciones de los factores de riesgo se modelan sobre la base de ciertos supuestos acerca de posibles crisis políticas, económicas y/o financieras que pudiesen ocurrir (las crisis hipotéticas contienen el efecto potencial de las variaciones de mercado, las que finalmente impactan en las estimaciones del estado de resultados y/o del patrimonio de las instituciones involucradas).

Para evaluar los efectos de los escenarios, pueden usarse modelos econométricos que permitan calibrar la magnitud de las variaciones de las variables financieras del escenario macroeconómico hipotético que, por ejemplo, puede incluir cambios adversos en los términos de intercambio, aumentos en la tasa de desempleo y reducciones en el crecimiento de la actividad económica.

Para evaluar el impacto sobre los precios de los instrumentos que componen la cartera de activos y pasivos considerada, es crucial obtener una medida de las sensibilidades de las distintas posiciones a los factores de riesgo subyacentes al análisis. Para posiciones en moneda extranjera y de un portafolio diversificado de acciones, se pueden considerar alteraciones en el valor de dichas posiciones como una función lineal de las variaciones en el tipo de cambio y en el índice de precios de acciones, respectivamente. Otras exposiciones tienen una relación de sensibilidad más compleja con los factores de riesgo, para lo cual se pueden utilizar aproximaciones. Por ejemplo, para el caso de las opciones, las sensibilidades de la prima a variaciones a determinados factores de riesgo subyacentes pueden obtenerse utilizando estimaciones de deltas, gammas, vegas y otros parámetros de riesgo. Para los bonos, la sensibilidad a alteraciones en las tasas de interés puede obtenerse utilizando los conceptos de duración y convexidad.

Una vez determinados los escenarios, es posible inferir el efecto de cada uno de ellos en los precios relevantes y en el valor global del portafolio. La pérdida en el valor del portafolio se calcula por la diferencia entre el valor post escenario y el valor inicial del portafolio. Junto con el análisis de los efectos de los escenarios, se debe analizar el impacto de los eventos en la liquidez de mercado. Adicionalmente, se deben considerar los supuestos de volatilidad y correlación que resulten razonables, ya que cabe esperar que ante eventos extremos esas estadísticas pierdan validez.

Los análisis de escenarios resultan ideales para identificar vulnerabilidades de un portafolio a pérdidas latentes. Una de las funciones más importantes de las pruebas de tensión es identificar vulnerabilidades ocultas y esclarecer las consecuencias de equivocarse en los supuestos. Por ejemplo, para posiciones en opciones cubiertas contra pequeños oscilaciones de un factor de riesgo, se podrían analizar los efectos sobre la solvencia de un banco ante escenarios de oscilaciones significativas.

El análisis de escenarios permite estimar los impactos de una eventual desaparición de la liquidez en un determinado mercado y puede resultar útil, también, para examinar las consecuencias de variaciones en la volatilidad de un determinado factor de riesgo. Por ejemplo, previo a la crisis de 1982, un estimador histórico de la volatilidad del tipo de cambio hubiese indicado un bajo riesgo asociado a variaciones en el tipo de cambio pesos por dólar. La utilización mecánica de factores de riesgo históricos en los análisis de volatilidad del tipo de cambio, ciertamente hubiese subestimado dicho riesgo y, consecuentemente, las pérdidas hubiesen sido importantes.

Los análisis de escenarios tienen la ventaja de, eventualmente, revelar dependencias de determinadas exposiciones a cambios en las correlaciones y volatilidades. Por ejemplo, cierto cambio en las correlaciones puede mostrar que un portafolio está mucho más expuesto a riesgos de lo que parece. Las correlaciones pueden ser muy volátiles y cambiar bruscamente durante una crisis; por ello, para tener



una idea más clara de los efectos de una crisis, no sólo es importante examinar la exposición a variaciones extremas en ciertos precios, sino también analizar las pérdidas que se producirían si se rompen las correlaciones normales.

Elegir los escenarios correctos es crucial pero no es una tarea fácil porque, lamentablemente, los eventos extremos son muy difíciles de predecir. Es más, cuando los portafolios son complejos, puede ser virtualmente imposible saber cuáles de todos los factores de riesgo deben ser considerados.

Al trabajar con escenarios, debieran contemplarse las interacciones existentes entre los diferentes riesgos. En ciertas circunstancias resulta muy útil efectuar un análisis de escenario en que se suponga que las correlaciones varían del modo más dañino. Sin embargo, ello no siempre es posible, ya que deben considerarse las interrelaciones fundamentales entre las distintas variables. Por ejemplo, un escenario puede indicar que la pérdida máxima ocurrirá cuando un precio sube y otro cae, aunque los precios de los dos activos se mantengan positivamente correlacionados aún en períodos de crisis. Esto obliga a tener un criterio coherente para decidir cuándo y cómo considerar determinadas correlaciones.

Al diseñar los escenarios, se debe tener en cuenta que los precios de los activos no pueden moverse en forma independiente de otros pues se podrían violar relaciones de arbitraje. Ello obliga a eliminar todos los co-movimientos en los precios que resulten inconsistentes con paridades de tasas de interés, las que condicionan los posibles movimientos en las tasas de interés, tipos de cambios e inflación.

### Otros tipos de análisis

Existen enfoques de carácter más mecánico que analizan diferentes posibilidades para determinar las combinaciones más dañinas de eventos. Esos enfoques difieren de los análisis de escenario, puesto que consideran un abanico de posibilidades en lugar de centrarse en escenarios particulares. Además, consideran más posibilidades que los análisis de escenarios y tienen la ventaja de entregar algunos indicios acerca de probabilidades de ocurrencia.

El más simple de estos procedimientos es el análisis de “factores de empuje”, que consiste en suponer cambios en el precio de cada uno de los activos financieros, y/o en los factores de riesgo, en la dirección más desventajosa posible, para luego analizar los efectos combinados de dichas variaciones sobre el valor de los activos. El análisis puede iniciarse estableciendo un nivel de confianza para, en seguida, considerar en forma independiente el cambio en cada precio como  $\alpha$  veces su desviación estándar, asumiendo el movimiento de precio (incremento o disminución) que tiene el peor efecto en el valor del portafolio, es decir, el peor escenario o la máxima pérdida. El análisis de factores de empuje posee características interesantes, como la posibilidad de identificar vulnerabilidades a los peores escenarios, escapar de los supuestos de normalidad y linealidad de los portafolios, usar diferentes correlaciones para analizar efectos en las pérdidas y, asumiendo una cierta distribución de probabilidades, calcular la probabilidad de ocurrencia del escenario.

Una limitación de este enfoque es que requiere considerar las diferentes sensibilidades de los diferentes precios a los factores de riesgo subyacentes. Aumentar todos los precios en el mismo múltiplo de la desviación estándar ignora los factores de sensibilidad de cada exposición a los factores de riesgo subyacentes. La solución no es ajustar los precios individuales por un múltiplo particular de la desviación estándar, sino realizar tal ajuste sobre los factores de riesgo<sup>11</sup>. Otra crítica a este enfoque es que no siempre la mayor pérdida ocurre cuando los factores de riesgos subyacentes se encuentran en niveles extremos<sup>12</sup>. La solución a ese problema es buscar las pérdidas que ocurren tanto para valores intermedios como para valores extremos de los factores de riesgo. Se recomienda aplicar esta técnica en la medida que el portafolio sea complejo, contenga muchas posiciones en opciones o tenga significativas posiciones en derivados no lineales.

<sup>11</sup> Lo anterior requiere trabajar con apropiados deltas, deltas-gammas u otro tipo de aproximaciones.

<sup>12</sup> Esto es particularmente válido para el caso de las opciones.

## La experiencia de los FSAPs

La mayoría de los ejercicios de tensión aplicados en los FSAPs se ha realizado a través del método de análisis de sensibilidad. En cuanto al tipo de eventos y los factores de riesgo, los ejercicios se han centrado en el impacto de shocks de tasas de interés, tipo de cambio, precios de acciones y de activos inmobiliarios y calidad crediticia.

Por limitaciones en la información, la mayor parte de los ejercicios realizados en los FSAPs no han cuantificado formalmente el riesgo de contagio. En los pocos casos en que se ha contado con información sobre exposiciones interbancarias, se ha estimado el impacto de un incumplimiento en la liquidación de los pagos, en la liquidez y en el capital de otros bancos.

La mayoría de los ejercicios realizados en los FSAPs han utilizado eventos históricos extremos y han usado datos del pasado para calibrar el tamaño de los shocks. Otro tipo de ejercicio, usado con cierta frecuencia, es el basado en escenarios hipotéticos. Dichos escenarios, en algunas ocasiones, se han construido en forma ad hoc y, en otras, se han obtenido a partir del análisis estadístico de series de tiempo históricas. En unos pocos casos, se han usado simulaciones de Monte Carlo.

## 2.3 Especificación de las Pruebas de Tensión

### 2.3.1 Proceso de aplicación

Un ejercicio de tensión a nivel de sistema debe comenzar con la identificación de los factores de riesgo sistémico. Cumplida esa etapa, los factores de riesgo se calibran en relación a la experiencia histórica y luego se procesan utilizando un modelo econométrico con el objeto de desarrollar escenarios económicos articulados. Los resultados son entonces sometidos a un análisis de plausibilidad y, si es necesario, de ajustes.

Una vez que se han construido los escenarios, se selecciona la muestra de instituciones que participará en el ejercicio. A éstas se les entrega los escenarios hipotéticos, el escenario base y se les pide una evaluación de los efectos de los shocks contemplados en los escenarios sobre sus balances y/o estados de resultados. Del análisis de los resultados entregados por las entidades financieras, se obtiene una visión del impacto esperado de los escenarios sobre las instituciones individuales y se detectan posibles "outliers". Finalmente, se analizan los datos agregados para obtener una medida del impacto de los escenarios sobre el sistema financiero y detectar vulnerabilidades latentes que puedan requerir acciones de carácter prudencial por parte del supervisor. Adicionalmente, pueden realizarse reuniones de seguimiento con cada entidad.

### 2.3.2 Consideraciones básicas

Una primera pregunta que surge al implementar un programa de pruebas de tensión dice relación con la instancia en que se cuantificarán los impactos de las pruebas. Probablemente, sean las propias entidades financieras las mejor preparadas para realizar esa tarea ya que tienen un mayor acceso a la información y un mejor conocimiento de sus exposiciones. Las instituciones que tienen sistemas de gestión de riesgos sofisticados o presencia significativa en mercados internacionales normalmente ya cuentan con modelos robustos de pruebas de tensión. En el caso de otras entidades, puede ser necesario que la autoridad supervisora provea ciertas guías e incluso realice, con la estrecha colaboración de las entidades involucradas, parte de los análisis empíricos.

La implementación de las pruebas de tensión, además, requiere definir qué tipo de instituciones se incluirán en el ejercicio. Para tener una masa crítica relevante, la cobertura de las pruebas de tensión debe ser lo más amplia posible, pero manteniendo relativamente acotado el número de instituciones consideradas en el ejercicio<sup>13</sup>. Para ello puede usarse un criterio de corte como, por ejemplo, el total de participación de mercado (en términos de activos, depósitos, pagos, etc.). Dependiendo de las interrelaciones existentes y su importancia sistémica, debieran participar tanto bancos como entidades

<sup>13</sup> Jones, Hilbers y Snack (2004) sugieren acotar el número de entidades consideradas a no más de 20 entidades.

financieras no bancarias. Sin embargo, esto puede presentar ciertas dificultades sobretodo si las instituciones consideradas son supervisadas por distintos reguladores o tienen distintas prácticas de entrega de información. Con el propósito de entender la sensibilidad de los balances del sector corporativo, las pruebas de tensión pueden aplicarse también a empresas de carácter no financiero.

La disponibilidad y calidad de la información es crucial pues, entre otras cosas, condiciona la naturaleza de las pruebas de tensión que pueden efectuarse. Para superar esa limitación, se puede trabajar con las entidades financieras más grandes y sofisticadas, lo que también permite una mejor calibración de los ejercicios. Por ejemplo, ciertas entidades financieras pueden generar información sobre una exposición usando sus sistemas internos de monitoreo, aún cuando no informen a la autoridad supervisora en ese formato particular.

### **2.3.3 Horizontes temporales**

Cuando los ejercicios se aplican sólo al sistema bancario, para definir los horizontes temporales, es importante diferenciar las actividades del libro de negociación de las del libro de banca. Las posiciones del libro de negociación están destinadas a la obtención de ganancias provenientes de fluctuaciones en los valores de mercado, por lo que el horizonte temporal de esas posiciones es por esencia de muy corto plazo. Consecuentemente, tanto la aplicación de shocks asociados a riesgos de mercado, tales como riesgo de precio y riesgo de monedas debiese ser consistente con shocks que pueden ocurrir en un horizonte temporal de entre 1 y 10 días. Las actividades del libro de banca, en tanto, suponen normalmente la toma de posiciones que se mantendrán en el balance hasta su vencimiento pues, generalmente, tienen menos liquidez y no se cuenta con precios de mercado. Ya que bajo ese contexto es difícil modificar las exposiciones de riesgo en plazos más cortos, los shocks de riesgo de crédito y de riesgo de tasa de interés sobre posiciones en el libro de banca pueden perfectamente desarrollarse en un horizonte temporal de entre 3 meses y 1 año.

### **2.3.4 Identificación de factores de riesgo**

Para aplicar un modelo de escenarios, se requiere identificar las variables macroeconómicas relevantes y, luego, traducirlas en el conjunto de factores de riesgo que serán considerados para someter a tensión el balance de activos y pasivos individuales.

Dado que los portafolios están compuestos por numerosos instrumentos, cada uno con un precio único, el proceso de reevaluación puede requerir información acerca de cientos de precios. Usualmente, las instituciones financieras simplifican este proceso clasificando cada elemento del portafolio en un conjunto acotado de factores de riesgo. Esto significa que se requieren dos procesos de identificación o clasificación. Uno para asociar los escenarios macroeconómicos a un conjunto común de factores de riesgo; y otro para estimar las sensibilidades de los precios y/o de la calidad crediticia de los instrumentos a dichos factores de riesgo para, así, cuantificar los impactos sobre el valor patrimonial de la entidad financiera.

El volumen y detalle de la información necesaria es función del modelo y de los niveles de agregación. Por ejemplo, la implementación de una prueba de tensión en un banco requiere de un conjunto de indicadores sobre tasas de interés, curvas de rendimiento, spreads de riesgo de crédito, los tipos de cambio spot y forward, precios de activos y el monto y calidad de las exposiciones crediticias.

Algunas instituciones financieras tienen modelos propios para relacionar las variables macroeconómicas con sus exposiciones en el balance. La información resultante puede ser utilizada para calibrar el mapeo de los factores de riesgo. Otra fuente potencial de información para efectuar dichos mapeos puede provenir de estudios empíricos de la economía doméstica sobre la determinación de la estructura de tasas de interés o del tipo de cambio real de equilibrio.

Una vez que los escenarios macroeconómicos se han estructurado en un conjunto de factores de riesgo, la etapa siguiente consiste en “mapear” esos factores en el balance de las instituciones financieras individuales. Nuevamente, las entidades financieras son las más indicadas para realizar esa tarea, ya que tienen acceso a información detallada, conocen mejor sus activos y pasivos y pueden poseer sistemas capaces de realizar con mayor precisión muchos de los cálculos. Como ya se mencionó, en la medida que algunas entidades cuenten con enfoques macroeconómicos propios, éstos pueden ser

utilizados para relacionar variables económicas claves (como el desempleo, la tasa de crecimiento del producto) con los efectos de los escenarios sobre sus balances y estados de resultados.

Por ejemplo, en el ámbito del riesgo de crédito, los bancos podrían estimar el impacto de cambios macroeconómicos sobre los parámetros de los modelos de riesgo de crédito (credit scoring, matrices de transición, etc.) o basarse en el período recesivo más reciente para analizar el impacto de shocks macroeconómicos en sus portafolios. Si los modelos son de uso reciente o no han sido probados durante un ciclo económico completo, puede requerirse del juicio experto de administradores de riesgo para ajustar dichos parámetros. Para aquellas instituciones financieras que no cuentan con la capacidad técnica suficiente para estimar los impactos de un conjunto de shocks, puede ser necesaria la coordinación del supervisor y requerir la aplicación de parámetros basados en estimaciones agregadas.

### **2.3.5 Otras consideraciones**

La disponibilidad de información y el grado de sofisticación del sistema financiero son factores claves que determinan el tipo de enfoque a ser aplicado en una prueba de tensión y las exposiciones a riesgos a ser sometidas a los varios tipos de shocks.

Para los riesgos de tasas de interés y de precios se puede utilizar una variedad de técnicas analíticas que incluyen: brechas de madurez, duración, valor en riesgo e ingresos en riesgo. Por limitaciones en los datos, puede utilizarse el enfoque de bandas temporales y análisis de brechas basados en la madurez promedio. Estos enfoques pueden complementarse con un análisis de los ingresos en riesgo para posiciones en el libro de banca.

Para el riesgo cambiario se puede calcular el impacto sobre la posición neta abierta en moneda extranjera para el conjunto de instituciones financieras. El impacto de estos shocks normalmente se calibra en términos del efecto sobre el patrimonio. Ese análisis puede complementarse a través de estimaciones empíricas de la relación entre la calidad crediticia y las variaciones en el tipo de cambio.

En el ámbito del riesgo de crédito, por limitaciones de información, usualmente se aplica un shock directo al stock de créditos vencidos. Adicionalmente, puede utilizarse un análisis de regresión para estimar la sensibilidad de las pérdidas esperadas e inesperadas y del stock de cartera vencida a determinados shocks macroeconómicos.

### **2.3.6 Algunas experiencias de modelación**

Froyland y Larsen (2002) modelan las provisiones de riesgo de los créditos de consumo de los bancos en Noruega en función de la deuda de los consumidores, la riqueza y el desempleo. A su vez, modelan las provisiones de riesgo de crédito en función de la deuda ponderada por riesgo y el colateral.

Benito y otros (2001) extienden el modelo macroeconómico del Banco de Inglaterra al incorporar los estados de situación financiera de los consumidores y de las empresas. Luego, realizan pruebas de tensión asumiendo una caída en el precio de las viviendas, un incremento de las tasas de interés para, finalmente, examinar el impacto en diversos indicadores de riesgo de crédito.

Arpa y otros (2000) estiman los efectos de variables macroeconómicas (como el crecimiento del PIB, los precios de los activos inmobiliarios, la inflación y las tasas de interés) sobre las provisiones por riesgo de crédito y los ingresos de los bancos austriacos.

Kalirai y Scheicher (2002) estiman un modelo para las provisiones como función de varios indicadores macroeconómicos para luego realizar una serie de pruebas de sensibilidad. Pesola (2001) examina la crisis bancaria nórdica y estima un modelo de provisiones en función del PIB, el endeudamiento, los cambios inesperados en las tasas de interés y en el ingreso y la desregulación bancaria.

La mayor parte de las pruebas de tensión suponen que no existen cambios en la composición de las carteras ni re-alineamientos de la estructura del balance en respuesta a los cambios en los factores de riesgo. Las pruebas de tensión típicamente se realizan para un punto en el tiempo y para un determinado horizonte temporal, y los impactos se calculan como si el shock se valorizara a precios de mercado. Este enfoque resulta válido si el horizonte temporal es relativamente corto o si las alteraciones en las posiciones activas y pasivas toman tiempo para poder efectuarse. Sin embargo, cuando el horizonte

temporal de un escenario o shock es muy largo (excede de 1 año), el supuesto de que los activos y pasivos no se modifican resulta difícil de justificar. De forma similar, en el caso de bancos sistémicamente importantes, el supuesto de no reacción de las entidades financieras implícito en muchas pruebas de tensión puede constituir una sobre simplificación, entre otras cosas, porque el Banco Central y/o la Superintendencia de Bancos pueden reaccionar ante ciertos eventos.

Hoggard y Whitley (2003) enfatizan que los efectos de reacción pueden manifestarse como aumentos en el costo de financiamiento de los bancos que se han debilitado, y en el endurecimiento de los criterios crediticios, lo que puede afectar la demanda agregada. Estos efectos pueden perfectamente presentarse durante períodos de estrés, particularmente en aquellos con horizontes temporales más largos. El desafío reside en incorporar estos efectos en los ejercicios de tensión y tratar de entender las relaciones existentes entre las diversas instituciones.

Para considerar efectos de segunda vuelta y las interrelaciones entre las distintas instituciones, se puede recurrir a modelos de contagio, como los propuestos por Furfine (1999) y Upper y Worms (2002). Este tipo de modelos intenta estimar el impacto asociado a la insolvencia y/o incumplimiento de una institución financiera sobre otras instituciones financieras y el sistema financiero como un todo. Normalmente, se consideran dos etapas. La primera consiste en un ejercicio de tensión sobre los balances y estados de resultados individuales de las entidades. La segunda etapa involucra el análisis de las exposiciones al riesgo de contraparte (préstamos interbancarios, sistema de pagos, u otras exposiciones) de aquellas instituciones que se muestran más vulnerables a la prueba de tensión. Al examinar el impacto de las dificultades de una institución sobre la estabilidad de otras instituciones, es posible considerar efectos de segunda vuelta de manera simple e intuitiva.

### **2.3.7 Antecedentes sobre escenarios de riesgos considerados internacionalmente**

En este apartado se presentan algunos antecedentes, basados en la experiencia internacional, sobre algunos escenarios que se pueden considerar para aplicar ejercicios de tensión. Estos escenarios, dependiendo de su complejidad y alcance, pueden ser aplicados a bancos individuales, al sistema bancario o al sistema financiero como un todo; por lo que sirven de guía tanto para los ejercicios de tensión que realice cada banco en particular como para los ejercicios a nivel de sistema.

#### **Información recopilada en los FSAPs:**

##### **Riesgo de tasas de interés**

En esta clase de riesgos, los siguientes son los escenarios considerados.

- a. Tres desviaciones estándar de variaciones de 3 meses.
- b. Incrementos de entre 50% y 100% en las tasas de interés.
- c. Triplicación de la tasa de interés nominal.
- d. Shock de 100 puntos base a las tasas de interés.
- e. Shock de 100 puntos base a las tasas de interés en dólares y de 300 puntos base a las tasas de interés en moneda nacional.
- f. Aumento de 300 puntos base en las tasas de interés.

##### **Riesgo de tipo de cambio**

En esta clase de riesgos, los siguientes son los escenarios considerados.

- a. Devaluación de entre 20% y 50%.
- b. Devaluación de 30%.
- c. Depreciación de 10%.
- d. 20% de depreciación/apreciación.
- e. 40% de depreciación/apreciación del tipo de cambio Euro/Dólar.

## Riesgo de crédito

En esta clase de riesgos, los escenarios considerados son los siguientes:

- a. 5% de incremento en los créditos morosos.
- b. Aumento en un 10% de las líneas contingentes utilizadas, las que se consideran pérdidas; y diversas transiciones desde las actuales clasificaciones de créditos hacia categorías donde el riesgo de crédito es mayor.
- c. Después de 90 días se producen diversas transiciones desde las actuales clasificaciones de créditos hacia categorías donde el riesgo de crédito es mayor.
- d. 50% de pérdida en créditos en mora 1 y 100% de pérdidas para el resto de créditos vencidos
- e. Reclasificación de todos los deudores hacia la categoría de mayor riesgo de crédito.
- f. 2.5% de incremento en la razón de créditos reclasificados en combinación con una depreciación de 10% e incremento de 300 puntos base en las tasas de interés.
- g. 30% de aumento en los créditos vencidos en combinación con provisiones de 100% o de 86%.

## Ejercicios aplicados en Nueva Zelanda

### Riesgos de mercado

- a. Depreciación de un 30% en el dólar neozelandés.
- b. Apreciación de un 30% en el dólar neozelandés.
- c. Incremento paralelo de 300 puntos base en la curva de rendimiento de papeles neozelandeses
- d. Incremento de 300 puntos base en las tasas de interés de largo plazo en Nueva Zelanda, sin alteraciones en las tasas de interés de corto plazo.

### Riesgo de crédito

- a. Una reducción importante en el precio de la leche.
- b. Una declinación de 20% en el precio de los bienes raíces habitacionales, un incremento a 9% en la tasa de desempleo y una reducción en el ingreso disponible de las familias de 4%.
- c. Una caída de 20% en el precio de propiedades de carácter comercial junto a una reducción de un 20% en las utilidades de las sociedades anónimas abiertas.

### Shocks macroeconómicos complejos

- a. Contagio masivo de la enfermedad del ganado resultante en:
  - i. Imposibilidad de exportar durante 6 semanas, con un precio de la carne que cae hasta en un 80% luego de un año de ocurrido el evento.
  - ii. Una depreciación inmediata de 20% en el dólar neozelandés.
  - iii. Una reducción inmediata de las tasas de interés a 90 días a un nivel de 2.5%.
- b. Un incremento en el costo de financiamiento externo relevante, resultante en:
  - i. Una depreciación inmediata de 40% en el dólar neozelandés.
  - ii. Aumento a niveles de entre un 18% a 20% anual para toda la curva de rendimiento local, que retorna a niveles más normales luego de varios años de ocurrido el shock.

## Ejercicios aplicados por el Banco de Inglaterra

- a. Reducción de un 35% en el precio de las acciones en el mundo y en Inglaterra.
- b. Reducción de un 12% en el precio de bienes raíces habitacionales y comerciales en Inglaterra.
- c. Incremento no anticipado de 1.5% en el crecimiento de los ingresos medios en Inglaterra.
- d. Depreciación no anticipada de 15% en el precio de la libra esterlina en relación al promedio de una canasta de monedas ponderada por la importancia relativa del comercio exterior de Inglaterra.

Además, el Banco de Inglaterra realiza una serie de pruebas de sensibilidad para los siguientes eventos:

- a. Un incremento de 1% en las tasas de interés en Inglaterra.
- b. Un aumento de 3% en las tasas de interés en Inglaterra.
- c. Una depreciación de un 10% de la libra esterlina en relación al dólar de Estados Unidos.

### 3 Análisis Estadístico de los Riesgos de Mercado

En esta sección se explican los aspectos metodológicos en que se basó este trabajo para aplicar un ejercicio de tensión al sector bancario chileno. Se consideran dos tipos de shocks. El primero es un impacto de un aumento en las tasas de interés anormalmente alto, que afecta negativamente el balance de las instituciones financieras que presentan descalces. El segundo es un shock de tipo de cambio nominal, que evalúa el impacto tanto de una depreciación como apreciación del tipo de cambio entre el peso chileno y la moneda extranjera. En ambos casos se ha establecido una metodología específica, a partir de la información del comportamiento de mercado de las tasas de interés, del tipo de cambio y del premio por riesgo país.

#### 3.1 Metodología aplicada a los Ejercicios de Tensión

En esta sección se presenta la metodología utilizada para realizar los ejercicios de tensión, tanto para los shocks de tasas de interés como de tipo de cambio y de riesgo país. El detalle de la información utilizada en estos ejercicios se presenta en el Anexo 1. Un aspecto central de la metodología es la construcción de un análisis de sensibilidad para este tipo de variables de manera independiente. Este método fue escogido debido a que el análisis previo de correlaciones<sup>14</sup> entre las series de tasas de interés y de tipo de cambio no muestra la existencia de correlaciones significativas, ya sea en períodos normales y/o turbulentos (de tensión), por lo que un análisis de escenario no fue considerado<sup>15</sup>. Al considerar eventuales shocks al premio por riesgo soberano, se estableció un enfoque macroeconómico de consistencia en que dicho premio por riesgo se relacionaba de modo coherente con el tipo de cambio y las tasas de interés mediante la aplicación del enfoque de paridad de tasas de interés.<sup>16</sup>

#### 3.2 Determinación de los shocks de Tasas de Interés y Factores de Riesgo

En base a una metodología estadística que analiza las correlaciones entre las distintas tasas de interés, se planteó como objetivo identificar los factores de riesgo relevantes entre los 39 factores de riesgo asociados a las tasas de interés en el Archivo C09 (que se derivan de las 13 bandas temporales para los tres tipos de monedas existentes: moneda reajutable, no reajutable y moneda extranjera). El Anexo 4 presenta un detalle de la metodología aplicada. Una vez identificados los factores de riesgo, se definen

14 Las correlaciones utilizadas en este estudio corresponden a correlaciones de Pearson, que se utilizan cuando ambas variables son de carácter cuantitativo y se distribuyen de acuerdo a una distribución normal. La correlación de Pearson  $r$  se define como:

$$r = \frac{s_{xy}^2}{s_x s_y}$$

donde  $s_{xy}^2$  es la covarianza muestral de dos series de datos  $x$  e  $y$ , que corresponde a

$$s_{xy}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Por su parte,  $s_x$  y  $s_y$  corresponden a las desviaciones estándar muestrales definidas como:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad ; \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

15 El análisis de correlación entre tipo de cambio y tasas de interés se presenta en el Anexo 2. Se analizó a posibilidad de que las correlaciones en períodos de tensión fuesen distintas de las calculadas en base a las series históricas de tasas de interés y de precios de monedas extranjeras. Este análisis consideró como período de tensión al comprendido entre el 9/08/2001 y el 30/12/2001 debido a los impactos de la crisis argentina en la economía chilena. Sin embargo, los resultados de este análisis muestran que las correlaciones en ese período no son distintas de las obtenidas con las series completas. Los resultados se muestran en el Anexo 3. No se pudo realizar este ejercicio para el período Abril-Septiembre 2001 debido a que no se dispone de información estadística acerca de tasas de interés en ese período.

16 Cabe mencionar que la literatura que ha estudiado el comportamiento del premio por riesgo soberano ha encontrado que este depende de factores macroeconómicos domésticos endógenos como de factores externos exógenos, tales como el nivel de las tasas de interés internacionales y los premios por riesgo soberanos de países pertenecientes a una misma región. Los shocks sobre los premios soberanos son impactados frecuentemente por efectos exógenos al país.

las sensibilidades para cada factor y tipo de moneda, tanto para los libros de negociación como de banca de las instituciones financieras, las que dependen del horizonte temporal asumido para que los shocks afecten la posición del banco.

Se asumieron dos horizontes temporales. El primero es de 10 días, y afecta principalmente a las “Inversiones Financieras no Permanentes” y posiciones en instrumentos derivados (libro de negociación). El segundo es un shock que afecta las demás partidas del balance del banco (libro de banca), y que tiene un horizonte temporal más amplio, trimestral o semestral. La definición de los horizontes temporales de los shocks en cada caso (para los libros de negociación y de banca) está basada en la capacidad del banco de responder ante dichos shocks y eventualmente recomponer su cartera.

Se aplicaron tres tipos de shocks de tasas de interés. El primero consiste en un incremento correspondiente a 5 veces la desviación estándar diaria para cada tipo de tasa de interés por banda temporal y tipo de moneda (no reajutable, reajutable y moneda extranjera). El segundo es un incremento de 7 veces la desviación estándar diaria para las mismas variables<sup>17</sup>, mientras el tercer shock corresponde a la metodología propuesta por el FMI, que considera un aumento paralelo en la curva de rendimiento en \$ y UF de 1,7% y de 1% para la curva de rendimiento en US\$. Cabe notar que la metodología del FMI no especifica un horizonte temporal para el shock.

### 3.2.1 Determinación de Factores de Riesgo

Para determinar adecuadamente los factores de riesgo, en base a la información de tasas de interés ya mencionada, se construyeron las curvas de rendimiento nominal, reajutable y en moneda extranjera. Con ello, se logró construir de manera directa la porción de corto plazo de la curva de rendimiento nominal, la porción de largo plazo de la curva de rendimiento de tasas reajutables y la curva de rendimiento para todos los plazos de las tasas de interés en moneda extranjera. Para completar las porciones de largo plazo de las curvas de rendimiento de tasas de interés nominales y de corto plazo de la curva de tasas reajutables, se trabajó bajo las hipótesis de expectativas para las tasas forward y de previsión perfecta de la inflación por parte de los agentes hasta 1 año plazo, así como la existencia de arbitraje de tasas de interés entre operaciones reajutables y nominales<sup>18</sup>.

A partir de las curvas de rendimiento obtenidas, se determinaron factores de riesgo comunes entre bandas adyacentes. Para ello, se construyeron matrices de correlaciones para todas las tasas de interés de diferentes plazos y denominaciones (monedas)<sup>19</sup>. Las correlaciones en niveles de tasas de interés entre bandas adyacentes resultaron altas (en su mayoría, por sobre 0,9), mientras las correlaciones entre variaciones de tasas de interés para bandas adyacentes resultaron menores, aunque en ciertos casos razonablemente correlacionadas<sup>20</sup>.

Se definió una regla de determinación de los factores de riesgo. Las correlaciones entre movimientos de las tasas de interés de bandas temporales adyacentes permitieron reducir los 39 factores iniciales a un total de 16 factores de riesgo. Esta regla se basa en la existencia de un cierto grado de correlación positiva, tanto en niveles como en variaciones de las tasas de interés a diferentes plazos. De existir un alto grado de correlación en niveles de tasas de interés de bandas adyacentes (sobre 0,9), en conjunto con una correlación significativa<sup>21</sup> de las variaciones en las tasas de interés de esas bandas, entonces se

17 Cabe destacar que la literatura menciona 5 desviaciones estándar en el movimiento diario de una variable de mercado como un shock adecuado para pruebas de tensión, dado que bajo el supuesto de una distribución normal, tal evento ocurriría una vez cada 7.000 años (ver Hull, 2003).

18 Ver Anexo 4 para mayor detalle de la metodología aplicada en cada caso.

19 Las correlaciones entre las tasas de interés en distintas denominaciones resultaron bajas, tal como lo muestra el Anexo 4. Por ello, se optó por analizar con mayor detalle correlaciones entre tasas de interés de igual denominación, de modo de obtener factores de riesgo comunes.

20 El Anexo 5 muestra que dicha regla para determinar la existencia de un alto grado de correlación no se cumple para el caso de las tasas internacionales con las tasas de interés locales. El Anexo 5 también muestra que en el caso de las tasas reajutables y en US\$, las correlaciones son mayores que en el caso de las tasas nominales.

21 La significancia se mide en base a un estadístico t-student de acuerdo en un test de hipótesis:

Ho:  $r = 0$

H1:  $r \neq 0$

donde  $r$  es la correlación entre las tasas de bandas adyacentes; para probar las hipótesis se construye el siguiente estadístico t-Student:

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

; siendo  $n$  el número de observaciones en las series.



asumió que las tasas de interés de ambas bandas temporales se mueven correlacionadas y, por tanto, conforman un único factor de riesgo<sup>22</sup>.

Cabe mencionar que, para reflejar mejor la volatilidad de las tasas de interés nominales en pesos, los factores de riesgo asociados a dichas tasas fueron calculados en base al período 5/12/2001-19/08/2005. Este ajuste fue necesario porque, al calcular las volatilidades en base a una serie en el mismo período (9/09/2002 - 4/09/2003) en que fueron calculadas las volatilidades para las tasas en UF (obtenidas mediante arbitraje con las tasas de interés nominales), las volatilidades de las tasas nominales calculadas resultaron menores que las volatilidades de las tasas en US\$<sup>23</sup>. Esto también puede explicarse por la baja más agresiva de tasas de interés que realizó el Federal Reserve (Fed) en este período (desde 3.5% a 1%) en comparación con las disminuciones de tasas de interés decretadas por el Banco Central de Chile (desde 3% a 1.75%). El detalle de de los factores de proporcionalidad y de dichas volatilidades se presentan en los Anexos 6 y 7.

Con lo anterior, los factores de riesgo identificados para datos diarios, trimestrales y semestrales de tasas de interés son los que se muestran en el Anexo 8. Este Anexo presenta también los shocks que se aplicaron en los ejercicios de tensión para los horizontes temporales de corto plazo.<sup>24</sup>

Los factores únicos se definen como factores de riesgo que no presentan correlaciones con otros factores de riesgo de bandas adyacentes. Por lo tanto, se consideran en el análisis individualmente, con un patrón único de variación. Los factores banda corresponden a factores de riesgos cuyas variaciones están fuertemente correlacionadas con otros factores de riesgo de bandas adyacentes, por lo que presentan un patrón común de fluctuación.

Es importante notar que, aún cuando existen factores banda que definen sensibilidades únicas para más de una banda temporal (con ello reducen los factores de riesgo a 16 variaciones de tasas de interés), el ejercicio de tensión arroja cambios diferentes en los valores presentes para cada una de las 39 bandas temporales, debido a las diferentes duraciones de las posiciones.

### 3.2.2 Factores de Sensibilidad

Los factores de sensibilidad se calcularon sobre la base de las volatilidades de las tasas de interés correspondientes a los puntos medios de cada una de las bandas temporales. Se asumió que la tasa de interés impactada por el shock es aquella que está situada en el punto medio de cada banda temporal, y que se obtuvo aceptando la hipótesis de expectativas en la determinación de las tasas de interés. Los plazos de las tasas de interés correspondientes al punto medio de cada banda temporal son los siguientes: 15 días, 2 meses, 4,5 meses, 9 meses, 1,5 años, 2,5 años, 3,5 años, 4,5 años, 6 años, 8,5 años, 12 años, 15 años, 17,5 años y 20 años.

Utilizando las tasas de interés calculadas de acuerdo a lo antes indicado, los factores de sensibilidad se determinan mediante la siguiente relación, que representa básicamente la diferencia de precios de un instrumento cero cupón asociada a cambios en la tasa de descuento:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{1}{(1+r)^n} - \frac{1}{(1+r+\Delta r)^n}$$

donde

22 La normativa de riesgo de tasas de interés del Banco Central de Chile, vigente a la fecha en que se efectuó el ejercicio, reduce el número de factores de riesgo sobre la base de correlaciones de niveles. Sin embargo, resulta relevante analizar qué pasa con las correlaciones de los cambios, dado que es precisamente un cambio en la curva de rendimiento la variable cuyo impacto se quiere medir.

23 Dado que los cálculos de las desviaciones estándar de las tasas en \$ se realizaron inicialmente con datos comprendidos entre el 09/09/2002 y 04/09/2003 (que corresponde a la intersección de las series de datos de BCP-2, BCP-5 y la serie de PDBC-360 con que se contaba) las volatilidades de las tasas en \$ resultaron menores a las de las tasas de interés en US\$. Con el objetivo de obtener un estimador más realista se calcularon sensibilidades con la serie completa de PDBC-30, PDBC-90 y PDBC-360.

24 En tal caso, las volatilidades para una desviación estándar  $S_x$  diaria para un horizonte temporal de 10 días, se definen como:

$$\text{Volatilidad de } S_x \text{ en 10 días} = S_x \times \sqrt{10}$$

$r$  = tasa de interés del punto medio de la banda temporal  
 $\Delta r$  = variación de la tasa de interés del punto medio de la banda temporal  
 $n$  = plazo medio de la banda temporal correspondiente

De ese modo, se obtuvieron las sensibilidades para los distintos horizontes temporales (10 días, trimestral y semestral) para cada escenario supuesto<sup>25</sup>. El primer escenario considera un shock de 5 veces la desviación estándar del correspondiente horizonte temporal considerado. En los escenarios 2 y 3, se consideran respectivamente shocks equivalentes a 7 veces la volatilidad diaria y el escenario definido por el FMI en el FSAP realizado para Chile.

Cabe destacar que aún cuando se han calculado las sensibilidades trimestrales y semestrales para todas las bandas temporales, su aplicación para los shocks de tasas de interés sobre el libro de banca se restringe sólo a las bandas temporales de hasta 1 año plazo.

### 3.2.3 Separación de los impactos en el libro de negociación y el libro de banca

Se determinaron los efectos finales de los shocks para cada uno de los libros, de negociación y de banca. Sin embargo, dado que los horizontes temporales de recomposición de activos y pasivos en ambos casos difieren, los resultados no pueden sumarse linealmente. En efecto, si bien un banco puede tener una pérdida importante en un horizonte temporal de muy corto plazo, en un horizonte temporal más largo podría recomponer su portafolio y mitigar las pérdidas (o, incluso, generar ganancias). Por ello, resulta adecuado calcular y presentar separadamente los efectos sobre el libro de banca y sobre el libro de negociación.

No obstante lo anterior, se realizó un ejercicio hipotético de impacto sobre la valoración económica del capital de los bancos, el que asume que tanto el libro de negociación como de banca son impactados en un horizonte temporal de 10 días.

En cada uno de los ejercicios, se consideraron también los activos y pasivos subyacentes de derivados. Cabe destacar que los valores de los activos y pasivos subyacentes de derivados son valores contables y no de mercado, por lo que los impactos finales para estos ejercicios son aproximados.

## 3.3 Shocks de Tipo de Cambio

Como se hizo con los shocks de tasas de interés, se optó por una metodología estadística para determinar el impacto de los shocks de tipo de cambio. En este caso, se determinaron las volatilidades de las paridades de monedas extranjeras relevantes (US\$ de mercado, US\$ observado y Euro) debido a que las posiciones bancarias en moneda extranjera concentran más de un 90% del total en esas divisas y/o denominaciones. Para el resto de las monedas, se trabajó con la volatilidad del tipo de cambio \$/US\$ de mercado.

Las posiciones en moneda extranjera de los bancos y las volatilidades asociadas se desagregaron en dólar de mercado de Estados Unidos, peso reajutable dólar observado y Euro. Los efectos de posibles variaciones del tipo de cambio se calcularon sobre la posición neta en cada moneda informada por cada banco en el mes de Agosto de 2005<sup>26</sup>.

Se aplicaron tres tipos de shocks. El primero, consistió en un incremento correspondiente a 5 veces la desviación estándar diaria de cada moneda. El segundo es un incremento de 7 veces la desviación estándar diaria, y el tercero es el shock propuesto en la metodología utilizada por el FMI, que considera una devaluación de 30% sin horizonte temporal.

25 Para obtener la variación en 10 días se aplica la relación descrita en la nota 23.

26 Los datos de posiciones en moneda extranjera por banco fueron obtenidos de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras.

### 3.4 Shocks de Riesgo Soberano

En este ejercicio se intenta estimar el impacto que tiene un shock en el spread soberano chileno sobre el valor en riesgo de las posiciones de la banca.

Se consideraron dos escenarios:

- a. El shock se traspasa directa y completamente a incrementos en las tasas de interés locales (traslado paralelo de la curva de rendimiento en 200 puntos base).
- b. El shock se traspasa completamente a tipo de cambio de acuerdo a la regla de paridad descubierta de tasas de interés.

Se supone que rige la paridad descubierta de tasas de interés y que las expectativas respecto del tipo de cambio spot en el futuro no se alteran. En el caso de traspaso a las tasas de interés locales, tenemos que se debe cumplir la siguiente relación:

$$\text{Variación Tasa interés local} = \frac{\Delta \text{Spread} * (1 + \text{tasa local})}{1 + \text{Spread inicial}}$$

En el caso de traspaso al tipo de cambio, tenemos que se debe cumplir la siguiente relación:

$$\text{Devaluación Tipo Cambio} = \frac{\Delta \text{Spread}}{1 + \text{Spread inicial}} = \frac{2}{1,077}$$

## 4 Resultados de los Ejercicios de Tensión para Riesgos de Mercado<sup>27</sup>

### 4.1 Shocks de Tasas de Interés

#### 4.1.1 Efectos en el libro de Negociación

El libro de negociación se desagregó en los siguientes componentes: libro de negociación de instrumentos financieros no derivados y libro de negociación de instrumentos financieros derivados (posición neta).

Los efectos finales del shock de tasas de interés supuesto para el caso de los distintos componentes del libro de negociación de cada banco se muestran en la Tabla 1. Los resultados muestran que los bancos siguen en buen pie patrimonial luego de ocurridos los shocks a las tasas de interés ya que todos mantienen indicadores de Basilea por sobre el 10%. Cabe destacar que los impactos finales de los shocks asumidos en cada escenario son efectos que afectan directamente la suma del patrimonio efectivo y las utilidades acumuladas a la fecha de las instituciones financieras. Como se observa en la Tabla 1, los efectos sobre el patrimonio son de segundo orden y todos los bancos continúan manteniendo indicadores de Basilea por sobre el 10%.

**Tabla 1. Efectos del ejercicio de tensión de tasas de interés para el libro de negociación\***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>5<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	5
	Se mantienen en IB inicial	2
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	19
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0
<b>7<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	5
	Se mantienen en IB inicial	2
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	19
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0
<b>FMI</b>	Suben de IB Inicial	5
	Se mantienen en IB inicial	1
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	20
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

#### 4.1.2 Efectos en el libro de Banca para posiciones de hasta 1 año plazo

Para el efecto de los shocks de tasas de interés sobre el libro de banca se realizó un ejercicio de tensión que sigue una metodología similar a la aplicada en el caso del ejercicio de tensión para el libro de negociación. Se obtienen factores de riesgo y sensibilidades para las bandas temporales de plazos

<sup>27</sup> Se supone que las pérdidas estimadas por causa de los ejercicios de tensión reducen directamente las utilidades acumuladas y luego el patrimonio de los bancos.

relevantes y se suponen shocks que tienen horizontes temporales más largos, de tres y seis meses. Debido a esto las volatilidades relevantes son las de esos plazos.

La metodología para el análisis de sensibilidad del libro de banca considera que el impacto de esos shocks afecta a las bandas temporales de corto plazo (hasta 1 año), debido a que se asume que es un efecto sobre el valor económico que considera sólo las brechas de corto plazo. El supuesto aquí es que los efectos sobre el libro de banca se disipan en el tiempo dado que una gran cantidad de los activos del banco (préstamos) tienen sus flujos que se distribuyen en plazos más largos.

Los efectos sobre el libro de banca de los diversos escenarios contemplados en un horizonte temporal trimestral, se presentan en la Tabla 2. Los resultados obtenidos para el caso de los escenarios que aplican 7 desviaciones estándar para el horizonte temporal trimestral, el escenario del FMI y el escenario de 5 desviaciones estándar para un horizonte temporal trimestral no indican la existencia de dificultades para los bancos.

**Tabla 2. Efectos del ejercicio de tensión de tasas de interés para el libro de banca\***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>5<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	10
	Se mantienen en IB inicial	1
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	15
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0
<b>7<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	10
	Se mantienen en IB inicial	1
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	15
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0
<b>FMI</b>	Suben de IB Inicial	14
	Se mantienen en IB inicial	1
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	11
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0

\* A la fecha del estudio, el Índice de Basilea inicial de todos los bancos era superior a 10%

Como muestra la Tabla 2, los shocks sobre el libro de banca son marginales y no afectan significativamente los índices de Basilea de la banca local, los que en todos los casos continúan excediendo el 10%.

### 4.1.3 Efectos en el Valor Económico del Capital

Adicionalmente, se realizó el ejercicio de calcular el efecto neto final en ambos libros (de negociación y de banca) proveniente de los shocks de tasas de interés con el objetivo de estimar un valor económico del capital de cada institución financiera. Este ejercicio entrega una estimación del valor de liquidación del banco en escenarios como los descritos. Se asumen las volatilidades del horizonte temporal de 10 días con el objeto de reflejar que la liquidación del banco debería hacerse en el corto plazo. Los resultados asociados con el escenario que aplica 5 desviaciones estándar, 7 desviaciones estándar y el del FMI se presentan en la Tabla 3. En estos dos últimos escenarios, 2 bancos mostrarían indicadores de Basilea algo por debajo del 10% pero por sobre 8%<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Es necesario tener en cuenta, sin embargo que ello tendría consecuencias en la evaluación por gestión y solvencia y en la disponibilidad de financiamiento desde los inversionistas institucionales; efectos de segunda vuelta que no fueron considerados en este estudio.

**Tabla 3. Efectos del ejercicio de tensión de tasas de interés para el Valor Económico del Capital\* (horizonte temporal de 10 días)**

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>5<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	3
	Se mantienen en IB inicial	0
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	23
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0
	Bajan a IB< 8%	0
<b>7<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	3
	Se mantienen en IB inicial	0
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	21
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	2
	Bajan a IB< 8%	0
<b>FMI</b>	Suben de IB Inicial	3
	Se mantienen en IB inicial	0
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	21
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	2
	Bajan a IB< 8%	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

Cabe mencionar que, luego de ocurrido los shocks, excepto en dos casos de bancos, ninguna entidad financiera mostraría indicadores de suficiencia patrimonial de Basilea por debajo de 10%. Ningún banco caería en una zona de capitalización inferior al 8%.

## 4.2 Shocks de Tipos de Cambio

Los ejercicios de tensión de moneda extranjera se calcularon en base a las posiciones en divisas de los bancos y a la volatilidad de cada una de ellas. Las posiciones en moneda extranjera fueron desagregadas entre US\$, Euro y Resto de monedas.

Se calcularon las volatilidades del peso chileno frente al US\$ y el Euro<sup>29</sup>. La canasta "Resto" agrupa todas las demás monedas del archivo de posiciones en moneda extranjera de los bancos. Se supone que la volatilidad del peso chileno respecto de este conjunto de monedas es la misma que la del peso chileno respecto del US\$<sup>30</sup>. Los detalles de las volatilidades y correlaciones en niveles y tasas de cambio se presentan en el Anexo 8. Puesto que las correlaciones obtenidas en niveles y tasas de cambio entre el US\$ observado, el US\$ de mercado y el Euro no cumplían con la condición de presentar simultáneamente correlaciones en niveles de 0,9 y en tasas de variación de 0,3, cada una de las tres monedas fue considerada en forma separada.

Cabe mencionar que en los cálculos hay involucradas variaciones en el tipo de cambio que no sólo se consideran en los ajustes patrimoniales consecuentes sino que también en el valor de los activos ponderados por riesgo en moneda extranjera convertidos a moneda local.<sup>31</sup>

29 Aquí no se diferencia entre US\$ observado y US\$ de mercado dado que el rezago de un día entre uno y otro no implica volatilidades distintas para cada una de las variables.

30 Los montos que mantienen los bancos en las monedas componentes de la canasta "Resto" son bastante bajos comparados con US\$ y Euro, por lo que el supuesto no afecta significativamente los resultados.

31 Estos efectos se consideran en escenarios de cambios en el tipo de cambio contemplados tanto en los análisis de riesgo financiero como en los análisis de riesgo de crédito. Para efectos de calcular los Activos Ponderados por Riesgo finales (APR final) se considera sumar o restar un ajuste equivalente a la tasa de devaluación multiplicada por los activos ponderados por riesgo en moneda extranjera.

Se contemplan tres ejercicios, dos de ellos correspondientes a shocks en un horizonte temporal de 10 días. Los resultados se muestran en la Tabla 4 que presenta los impactos en los índices de Basilea de los escenarios de 5 y 7 desviaciones estándar y del escenario del FMI. Los efectos de los shocks cambiarios en los índices de Basilea de los bancos son reducidos. De hecho ningún banco muestra índices de Basilea inferiores al 10% después de ocurridos los shocks. Los bancos que muestran un mayor impacto negativo cuentan con significativos indicadores de fortaleza patrimonial.

**Tabla 4. Efectos del Ejercicio de Tensión de Shocks Cambiarios\***

Shock	Efecto	N° de Bancos	
		Depreciación	Apreciación
<b>5<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	18	8
	Se mantienen en IB inicial	0	3
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	8	15
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0	0
	Bajan a IB< 8%	0	0
<b>7<math>\sigma</math></b>	Suben de IB Inicial	18	8
	Se mantienen en IB inicial	0	2
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	8	16
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0	0
	Bajan a IB< 8%	0	0
<b>FMI</b>	Suben de IB Inicial	18	8
	Se mantienen en IB inicial	0	3
	Bajan, pero se mantienen en IB $\geq$ 10	8	15
	Bajan a 10%>IB $\geq$ 8%	0	0
	Bajan a IB< 8%	0	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

#### 4.2.1 Efecto del descalce en pesos de exposiciones en US\$ observado y US\$ de mercado

En esta sección se presentan los efectos de un escenario adverso para el caso de bancos que mantengan un descalce entre activos y pasivos denominados en dólar observado y dólar de mercado, respectivamente. Si bien el tipo de cambio observado por definición corresponde al tipo de cambio de mercado promedio del día anterior, el análisis de ambas series arroja algunos resultados de interés. La Tabla 5 muestra que la diferencia relativa máxima entre los cambios porcentuales diarios de ambos tipos de cambio es de un 3,8%.

**Tabla 5. Cambios porcentuales diarios en dólar observado y dólar de mercado (horizonte temporal de 1 día)**

	USD Observado	USD de Mercado	USD Observado / USD de Mercado
Máximo	2,84%	2,84%	3,81%
Mínimo	-2,46%	-2,46%	-3,07%
Desviación Estándar	0,58	0,58	0,76%

Un banco que mantuviese un descalce de posiciones de 26 veces el valor de su capital entre posiciones activas en pesos reajustables por US\$ observado y posiciones pasivas en US\$ mercado (o viceversa) y que venciesen en el mismo día, podría perder la totalidad de su capital, en el caso de un movimiento extremadamente adverso del tipo de cambio, en que la diferencia entre la variación del precio del US\$ observado en relación al precio del US\$ de mercado fuese de 3,8%.

Cabe destacar que la variación entre ambos tipos de cambio no se disipa en un horizonte temporal más largo. Como lo muestra la Tabla 6, aunque en 10 días las variaciones máximas y mínimas son iguales para ambas series, la diferencia relativa máxima entre los cambios porcentuales que pueden ocurrir dentro de ese plazo es de 2,99%, lo que indica que aun ampliando el horizonte temporal de la medición, existe un impacto potencial de importancia de mantener un descalce entre ambos tipos de monedas.

**Tabla 6. Cambios porcentuales en dólar observado y dólar de Mercado  
(horizonte temporal 10 días)**

	USD Observado	USD de Mercado	USD Observado / USD de Mercado
<b>Máximo</b>	7,34%	7,34%	2,99%
<b>Mínimo</b>	-6,06%	-6,06%	-3,55%
<b>Desviación Estándar</b>	2,02%	2,02%	0,82%

Los resultados de las Tablas 5 y 6 indican la existencia de riesgos relevantes para una institución financiera de mantener un descalce de posiciones activas y pasivas en US\$ observado y US\$ de mercado. Sin embargo, en la práctica, los impactos de un shock de este tipo en un horizonte temporal de 10 días cuyos resultados se presentan en la Tabla 7 no llegan a comprometer la solvencia de ninguna entidad financiera.

**Tabla 7. Efectos del Ejercicio de Tensión en el caso de una depreciación del dólar de mercado por sobre el dólar observado\***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>Máxima depreciación del dólar de mercado respecto al dólar observado en 10 días</b>	Suben de IB Inicial	10
	Se mantienen en IB inicial	2
	Bajan, pero se mantienen en $IB \geq 10$	14
	Bajan a $10\% > IB \geq 8\%$	0
	Bajan a $IB < 8\%$	0

Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

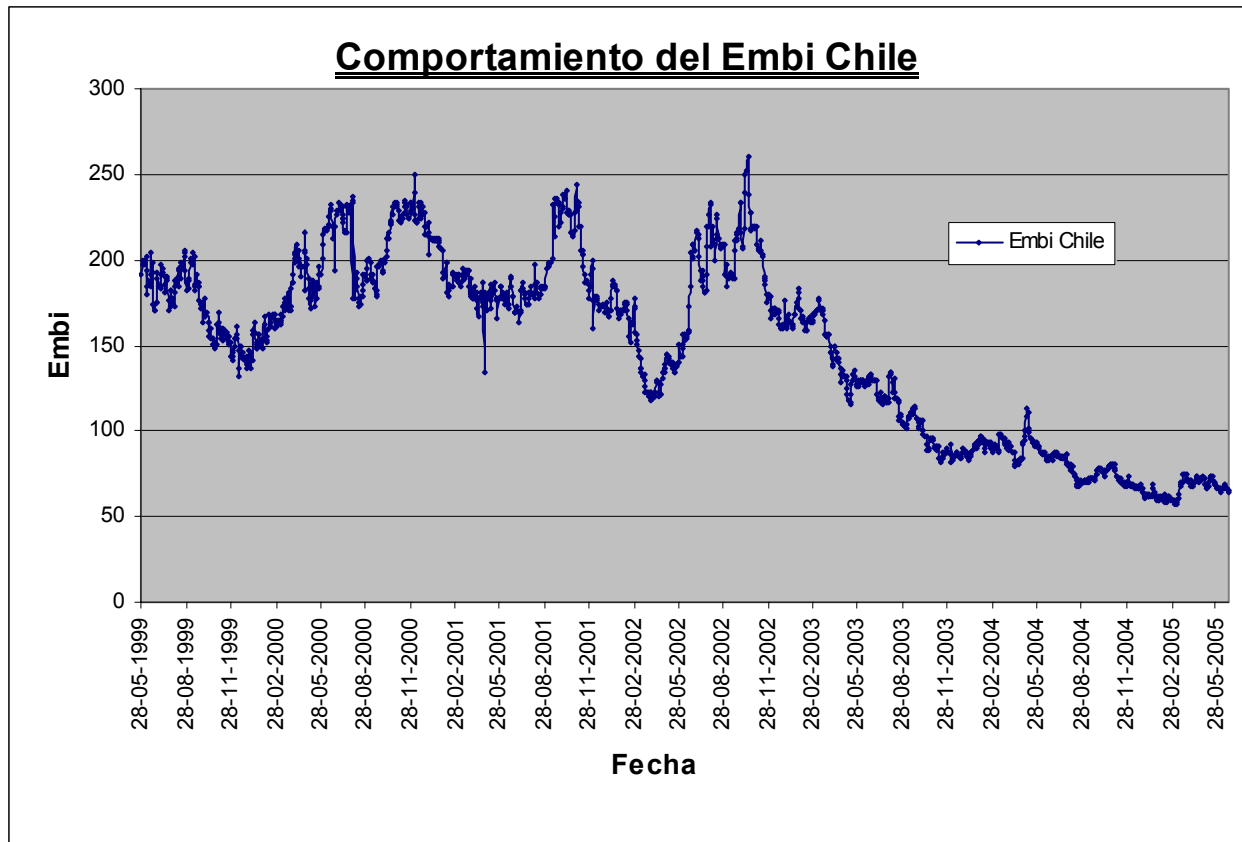
## 4.3 Shocks de Riesgo Soberano

### 4.3.1 Efectos de un traspaso del shock de riesgo país a las tasas de interés locales

El ejercicio que se presenta en esta sección del trabajo transfiere directa y totalmente el shock sobre el spread soberano de Chile a las tasas de interés locales. En particular, toda la curva de rendimiento es afectada con el mismo shock de 200 puntos base, es decir el impacto significa un desplazamiento paralelo de toda la curva de rendimiento. Este ejercicio no contempla un horizonte temporal definido.

Como se muestra en el Gráfico 1, entre abril y octubre del año 2002, el premio por riesgo país de Chile experimentó un alza significativa equivalente a alrededor de 120 puntos base, menor a la contemplada como perturbación en el ejercicio de tensión aquí presentado.



**Gráfico 1**

Los resultados obtenidos que cuantifican el efecto de tensión sobre el valor económico del capital de las instituciones financieras se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8. Efecto sobre Índice de Basilea de un aumento de 200 puntos en el spread soberano y en las tasas de interés locales (sin horizonte temporal)\***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>+ 200 pb en spread soberano e incremento de tasas de interés locales</b>	Suben de IB Inicial	1
	Se mantienen en IB inicial	0
	Bajan, pero se mantienen en $IB \geq 10$	22
	Bajan a $10\% > IB \geq 8\%$	1
	Bajan a $IB < 8\%$	2

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

Dos bancos enfrentarían situaciones de insuficiencia de capital ya que sus indicadores caerían por debajo del mínimo de 8% y un banco se encontraría con un indicador de Basilea levemente inferior al 10% pero superior al mínimo de 8%.

### 4.3.2 Efectos de un traspaso del shock de riesgo país al tipo de cambio

Este segundo ejercicio supone que el efecto de un shock de riesgo soberano de 200 puntos base se traspasa totalmente al tipo de cambio sobre la base de que rige la paridad descubierta de tasas de interés y que las expectativas sobre el tipo de cambio spot en el futuro no se ven alteradas:

$$\text{Devaluación Tipo Cambio} = \frac{\Delta \text{Spread}}{1 + \text{Spread inicial}} = \frac{2}{1,077}$$

El ejercicio transfiere directamente el shock sobre el spread soberano al tipo de cambio, de acuerdo a la regla de paridad descubierta de tasas de interés. Entonces, el efecto del shock sobre el tipo de cambio sería de un incremento de alrededor de 1,86%, sin horizonte temporal.

Adicionalmente, se separó la cartera total de activos en moneda extranjera entre colocaciones y otros, y la porción de inversiones financieras, de manera de considerar los efectos que tiene la devaluación en la medición de los activos ponderados por riesgo en moneda local. Se supuso que las colocaciones en moneda extranjera tienen un ponderador de riesgo igual a 100% y las inversiones financieras tienen un ponderador igual a 0%.

Los resultados obtenidos que cuantifican el efecto de este shock sobre el Índice de Basilea de las instituciones financieras se muestran en la Tabla 9. Se concluye que no habrían instituciones que muestren indicadores patrimoniales inferiores al 10%.

**Tabla 9. Efecto sobre Índice de Basilea de un aumento de 200 puntos base sobre el spread soberano y en el tipo de cambio\***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>+ 200 pb en spread soberano y aumento del tipo de cambio</b>	Suben de IB Inicial	18
	Se mantienen en IB inicial	0
	Bajan, pero se mantienen en IB ≥ 10	8
	Bajan a 10% > IB ≥ 8%	0
	Bajan a IB < 8%	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

## 5 Metodologías Utilizadas para analizar Riesgo de Crédito

### 5.1 Estimación Econométrica de Gasto de Provisiones: Un Enfoque de Panel

Luego de evaluar los escenarios de riesgo planteados por el FSAP en los ejercicios que realizó para la banca chilena (que básicamente consideraron parámetros de sensibilidad de las provisiones respecto del desempleo, el crecimiento del PIB y las tasas de interés de colocación), se consideró necesario adoptar un enfoque que tuviera mayor respaldo metodológico. Específicamente, se optó por estimar dichos parámetros en forma directa a través de un enfoque econométrico con datos de panel. Ello permitió distinguir y medir sensibilidades del riesgo crediticio respecto del PIB, el desempleo y las tasas de interés por orientación de negocios de los bancos (créditos de consumo, hipotecarios y comerciales) y, además, obtener indirectamente alguna aproximación empírica respecto del riesgo de crédito inducido por la exposición al riesgo cambiario de los deudores.

El modelo consta de una ecuación que estima el porcentaje de gasto en provisiones sobre el total de colocaciones ( $Y$ ) como función de una serie de variables macroeconómicas y propias de cada banco. Se supone que el crecimiento económico ( $X_{1t}$ ) afecta negativamente el gasto en provisiones en tanto que las tasas de interés ( $X_{2t}$ ), la tasa de desempleo ( $X_{3t}$ ) y la tasa real de crecimiento de las colocaciones de cada banco ( $Z_{4it}$ ) afectan positivamente el gasto en provisiones. Por otro lado, el efecto de una depreciación del tipo de cambio real ( $X_{4t}$ ) es incierto; por una parte, aumenta el riesgo de crédito de importadores y deudores netos en moneda extranjera que generan ingresos en moneda local pero, por otro lado, reduce el riesgo de crédito de los exportadores y los acreedores netos en moneda extranjera.

Además, se consideraron variables interactivas que resultan de multiplicar (i) la tasa de desempleo, el tipo de cambio real, el crecimiento del PIB y las tasas de interés reajutable a 90 días, por la proporción de la cartera de créditos dedicada a banca de personas; (ii) el porcentaje de colocaciones destinado a la banca de empresas por el tipo de cambio real, el crecimiento del PIB y la tasa de interés de corto plazo; y (iii) la proporción de créditos que representa la banca hipotecaria por la tasa de interés de colocación reajutable de corto plazo. Todo ello, con la intención de incorporar sensibilidades distintas a las variables macroeconómicas, dependiendo de la orientación de negocios cada banco. En efecto, el desempleo debiera tener más incidencia en bancos orientados a las colocaciones de personas, mientras que el tipo de cambio real y el PIB debieran tener incidencia mayor en bancos dedicados a los préstamos para empresas. La tasa de interés de colocación de corto plazo puede ser relevante en bancos con amplia cartera hipotecaria que han comenzado a generar productos con tasas de interés fluctuantes y en bancos dedicados al negocio de financiamiento de capital de trabajo de empresas, donde la sensibilidad del riesgo de crédito a las tasas de interés de corto plazo es importante.

Se utilizaron datos semestrales para el período 1993-2004. Para incorporar el efecto de las fusiones, previo a la ocurrencia de dichos eventos se sumaron los balances de los bancos fusionados<sup>32</sup>. Como la suma de los balances representa sólo una aproximación de los efectos de las fusiones, se incluyó una variable dicotómica representativa del efecto de las fusiones. No se consideraron, para efectos de la estimación, los bancos que desaparecieron en el período, ni los bancos cuya puesta en marcha ha sido relativamente reciente<sup>33</sup>. La ecuación que considera todas esas variables es la siguiente:

$$Y_{i,t} = a \cdot X_{1t} + b \cdot X_{2t} + c \cdot X_{3t} + d \cdot X_{4t} + e \cdot X_{1t} \cdot Z_{1it} + f \cdot X_{2t} \cdot Z_{1it} + g \cdot X_{2t} \cdot D1 \cdot Z_{3it} + h \cdot X_{3t} \cdot Z_{2it} + i \cdot X_{3t} \cdot Z_{3it} + j \cdot X_{4t} \cdot Z_{1it} + k \cdot Z_{4it}$$

Los signos esperados de los parámetros son: “a”, “e” <0 y “b”, “c”, “f”, “g”, “h”, “i”, “k” >0. Para los parámetros “d” y “j” no existe claridad teórica respecto de su signo. La descripción de las variables se presenta en la Tabla 10.

32 En efecto, se sumaron los balances de los Bancos de Chile y Edwards; O’higgins, Santiago, Santander, Osorno, Fusa, CentroHispano y Hong Kong; Dresdner y Security; BCI y Conosur; Corpbanca y Condell; Citibank y Atlas; BBVA y Banesto; Banco Real y ABN Amro.

33 No se consideraron en la estimación los bancos: del Trabajo, Nacional, Chicago, Deutsche Bank, Ripley, HNS, Monex y Paris.

**Tabla 10. Descripción de las Variables**

Variable	Descripción	Fuente
$Y_{i,t}$	Gasto trimestral en provisiones por Colocaciones/ Colocaciones Totales	SBIF
$X_{1t}$	Tasa Crecimiento en 12 meses Produccion Industrial	SOFOFA
$X_{2t}$	Tasa de interés del Sistema Financiero para colocaciones reajustables de 90 días a 1 año.	Banco Central
$X_{3t}$	Tasa de desocupación a nivel nacional	INE
$X_{4t}$	Log Tipo de Cambio Real	Banco Central
D1	Dummy = 1 entre enero 2003 y diciembre 2004, 0 el resto de los meses	Elaboración Propia
$Z_{1it}$	Colocaciones Comerciales/Colocaciones Totales	SBIF
$Z_{2it}$	Colocaciones de Consumo/Colocaciones Totales	SBIF
$Z_{3it}$	Colocaciones Hipotecarias de Vivienda/Colocaciones Totales	SBIF
$Z_{4it}$	Tasa de crecimiento real Colocaciones Totales	SBIF

Con el Método de Momentos Generalizados<sup>34</sup>, se estimó la especificación general del modelo semestral del gasto en provisiones que considera todas las variables independientes ya mencionadas y dos rezagos de la variable dependiente.

Luego de probar diversas especificaciones, se obtuvo la estimación 5 (ver Tabla 11), en que el gasto en provisiones como proporción de las colocaciones está determinado por dos rezagos del gasto en provisiones y por variables explicativas contemporáneas como las tasas de interés de colocación, el logaritmo del tipo de cambio real, la tasa de desempleo, la tasa real de crecimiento de las colocaciones del banco, además de dos variables compuestas, definidas como el logaritmo del tipo de cambio real multiplicado por la relevancia de los créditos comerciales y la tasa de interés multiplicada por una variable muda que toma el valor 1 los años 2003 y 2004 multiplicada a su vez por la proporción de los créditos destinada a colocaciones hipotecarias.

Esa estimación se escogió luego de efectuar un proceso de selección que, a partir del modelo general descarta en forma secuencial variables explicativas estadísticamente no significativas, de modo que al final todos los parámetros con exclusión de la constante resultan significativos al 5%.

Todas las estimaciones consideradas aquí no presentan problemas importantes de colinealidad, ya que Stata (el paquete computacional utilizado), por defecto, elimina de las regresiones una variable que resulta muy colineal con otras consideradas en la regresión. Como se observa en la Tabla 11, la estimación 5 presenta un  $R^2$  bastante alto y los test F y test t de las variables explicativas individuales son todos significativos al 1%. Cabe destacar que la actividad económica no resultó estadísticamente significativa en la regresión.

Los signos de los parámetros encontrados son en general correctos. Los signos de los coeficientes estimados para las variables endógenas rezagadas son negativos pero su suma es menor que 1, lo que sugiere un comportamiento de sobreacción inicial del gasto en provisiones ante algún shock, que luego se va disipando conforme transcurre el tiempo. A su vez, la estimación 5 revela que ante aumentos en las tasas de interés, en el desempleo y en la tasa de crecimiento real de las colocaciones, el gasto en provisiones reacciona al alza. Respecto del tipo de cambio real, el efecto directo de una devaluación reduce los gastos en provisiones. Este efecto directo, se contrarresta en parte con el efecto de incremento de las provisiones que genera una devaluación en la medida que un banco presente una alta proporción de su cartera destinada a créditos comerciales (lo que está recogido en la variable interactiva  $X_{4,t} * Z_{1it}$ ). En ciertos casos, ese efecto más que compensa la reducción inicial en las provisiones que se genera a partir de una devaluación.

<sup>34</sup> Cabe mencionar que existe un problema de endogeneidad en la metodología econométrica asociado a los rezagos de la variable dependiente, principalmente por la estructura de los errores. La estimación común (efecto fijo o aleatorio, según sea el caso) tiende a sesgar al alza la magnitud de los parámetros. Al incorporar endogeneidad, los parámetros estimados se sesgan incluso asintóticamente. Para solucionar ese problema, la literatura propone utilizar el Método de Momentos Generalizados propuesto por Arellano y Bond (1991) que permite sobre-identificar a los parámetros estimados. Los parámetros estimados bajo ese método tienen la misma interpretación y magnitud que los del modelo original. Como la estimación por efecto fijo genera parámetros estimados de una magnitud mayor, a igual varianza, es más fácil rechazar la hipótesis nula de que los parámetros son estadísticamente iguales a cero en el caso de una estimación mediante efecto fijo, que en el caso de estimaciones mediante el método de Arellano- Bond.

Lo anterior significa que, en general, los bancos orientados a empresas podrían en ciertas situaciones enfrentar riesgo cambiario indirecto, pero probablemente de magnitud menor. Los bancos con portafolios crediticios intensivos en empresas tienden a amortiguar y, eventualmente, a sobrepasar el efecto negativo en provisiones asociado con una devaluación.

Finalmente, la importancia que toman a partir del año 2003, las tasas de interés de corto plazo en los bancos más orientados al negocio hipotecario, indica que la sustitución de préstamos hipotecarios concedidos originalmente a tasa de interés fija por préstamos hipotecarios a tasa fluctuante (lo que está recogido en la variable  $X2,t \cdot D1 \cdot Z3it$ ), si bien puede minimizar los riesgos de prepago enfrentados por la banca en créditos hipotecarios otorgados a tasa fija, puede incrementar el riesgo de crédito asociado a fluctuaciones en las tasas flotantes de los nuevos productos hipotecarios. Este es un fenómeno reciente que hay que seguir con atención conforme se consolide un escenario de alza de tasas de interés.

**Tabla 11. Resultados de las estimaciones econométricas**

Variable	Estimación 1	Estimación 2	Estimación 3	Estimación 4	Estimación 5
$Y_{i,t-1}$	-0.54548* [0.000]	-0.54405* [0.000]	-0.53777* [0.000]	-0.52792* [0.000]	-0.53001* [0.000]
$Y_{i,t-2}$	-0.45503* [0.000]	-0.45384* [0.000]	-0.45522* [0.000]	-0.44247* [0.000]	-0.44668* [0.000]
$X_{1,t}$	0.02437 [0.345]	0.02509 [0.329]	0.00897 [0.308]		
$X_{1,t} \cdot Z1it$	-0.02467 [0.516]	-0.02538 [0.504]			
$X_{2,t}$	0.16137* [0.005]	0.16322* [0.004]	0.16057* [0.005]	0.14544* [0.009]	0.09547* [0.001]
$X_{2,t} \cdot Z1it$	-0.07958 [0.266]	-0.08197 [0.248]	-0.07774 [0.273]	-0.07544 [0.289]	
$X_{2,t} \cdot D1 \cdot Z3it$	0.58605* [0.008]	0.60050* [0.004]	0.60515* [0.004]	0.59070* [0.005]	0.59764* [0.005]
$X_{3,t}$	0.31925* [0.000]	0.32475* [0.000]	0.32449* [0.000]	0.31429* [0.000]	0.31204* [0.000]
$X_{3,t} \cdot (Z2it + Z3it)$	0.0355 [0.804]				
$X_{4,t}$	-0.10821* [0.000]	-0.10826* [0.000]	-0.11109* [0.000]	-0.11165* [0.000]	-0.12981* [0.000]
$X_{4,t} \cdot Z1it$	0.11372* [0.000]	0.11357* [0.000]	0.11772* [0.000]	0.11852* [0.000]	0.14545* [0.000]
$Z4it$	0.00074* [0.000]	0.00074* [0.000]	0.00075* [0.000]	0.00075* [0.000]	0.00076* [0.000]
Constante	0 [0.982]	0 [0.976]	0.00001 [0.951]	-0.00003 [0.773]	-0.00002 [0.860]
Observaciones	502	502	502	502	502
Numero bancos	26	26	26	26	26
$R^2$					75.98%
Chi(8) conjunto Pr(test chi)					394.34 0.0000

valores p entre paréntesis; + significativo al 10%; \*\* significativo al 5%; \* significativo al 1%

\* La definición de las variables se encuentra en la tabla 10.

La Tabla 12 presenta la descomposición de varianzas de la estimación 5. Esta descomposición de varianzas muestra la relevante contribución de los rezagos de la variable endógena, del tipo de cambio real, de la tasa de crecimiento de las colocaciones y de la tasa de desempleo.

**Tabla 12. Descomposición de Varianza de la estimación econométrica (Estimación 5)**

Variable*	Descomposición de la varianza
Y <sub>i,t-1</sub>	7.89%
Y <sub>i,t-2</sub>	5.56%
X <sub>2,t</sub>	0.88%
X <sub>2,t</sub> *D1*Z3it	0.29%
X <sub>3,t</sub>	4.84%
X <sub>4,t</sub>	19.11%
X <sub>4,t</sub> *Z1it	16.58%
Z4it	20.83%
Var Total	75.98%

La definición de las variables se encuentra en la tabla 10.

## 5.2 Riesgo de Crédito en las Sociedades Anónimas

Este es un ejercicio que analiza los estados de resultados de las sociedades anónimas. La metodología supone como eje central del análisis el comportamiento de la cobertura de intereses, dado por la siguiente razón financiera

Indicador de Cobertura de Intereses = EBITDA / Gastos de Intereses.

Donde el EBITDA corresponde a la suma de Resultados antes de Gastos de intereses, Impuestos, Amortización y Depreciación. Se considera que una empresa que muestre un indicador de cobertura de superior a 100% cuenta con flujos de caja suficientes para pagar sus gastos de intereses y por lo tanto se considera solvente. En cambio una empresa que presente un indicador inferior a 100% no cuenta con flujos de caja suficientes para cubrir sus gastos de intereses y, por lo tanto, todas sus deudas bancarias se consideran en zona de no pago, por lo que deben ser 100% provisionadas. El método primero identifica las empresas sanas, que muestran un indicador de cobertura mayor a 100%. Luego de aplicar shocks a los resultados operacionales y/o a los gastos por intereses, se recalculó el indicador de cobertura y se seleccionaron aquellas empresas que presentaron un indicador inferior a 1. En seguida, se identificaron los bancos que tenían como deudores a esas empresas y se supuso que todos los créditos contra ellas caen en mora. Finalmente, se analizaron los efectos en provisiones y en la solvencia de cada banco.

Se consideraron datos a diciembre de 2004, contemplando un número de 545 sociedades anónimas. Cuando una empresa presentaba balances individuales y consolidados a la vez, el análisis de la razón de cobertura de intereses se centró en generar dicho indicador sobre la base de los estados contables consolidados de la respectiva empresa. Se definió al indicador EBITDA como equivalente a la suma y resta de los siguientes conceptos contables:

EBITDA = Resultado de la Explotación + Resultado fuera de la Explotación + Amortización Menor Valor Inversiones + Gastos de Intereses – Corrección Monetaria – Diferencias de Cambio

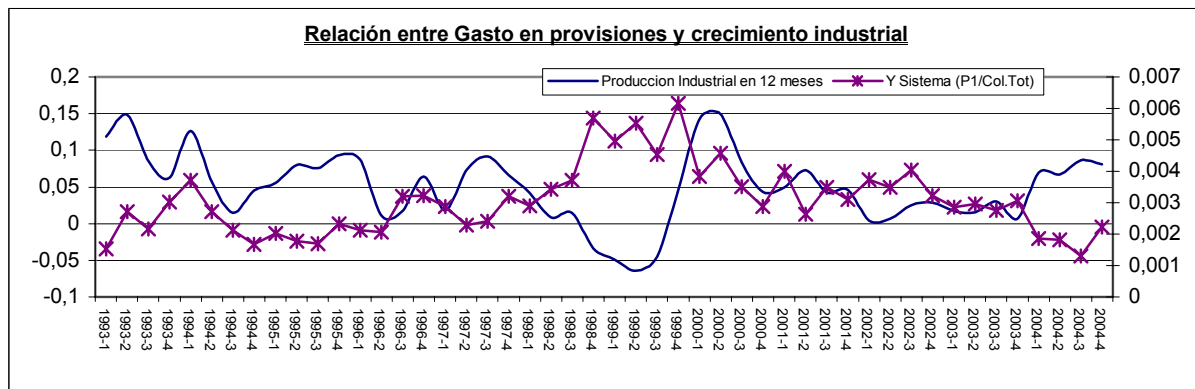
Se consideraron dos escenarios: Los resultados de explotación caen en un 15% y los gastos por concepto de intereses aumentan en un 25% (lo que equivale a un aumento de 100 puntos base en las tasas de interés, si se parte de niveles iniciales de tasas de interés de 4% anual).

## 6 Resultados de las Pruebas de Tensión para Riesgo de Crédito

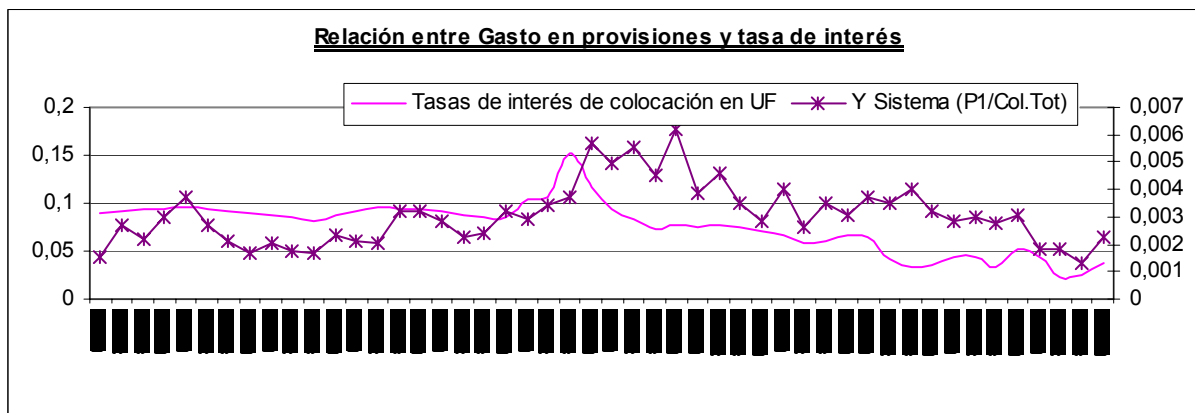
### 6.1 Simulaciones con la Estimación Econométrica de Gasto de Provisiones

Para ilustrar cómo se obtuvieron los escenarios macroeconómicos utilizados en las simulaciones, los Gráficos 2 a 5 presentan los comportamientos de la variable Gastos en Provisiones/Colocaciones Totales (Y) a nivel del sistema financiero, así como las variables macroeconómicas relevantes, vale decir crecimiento del Índice de Producción Industrial en doce meses (x1), tasas de interés de colocación en UF (x2), tasa de desempleo (x3) y el logaritmo del tipo de cambio real (x4) durante el período 1993-2004.

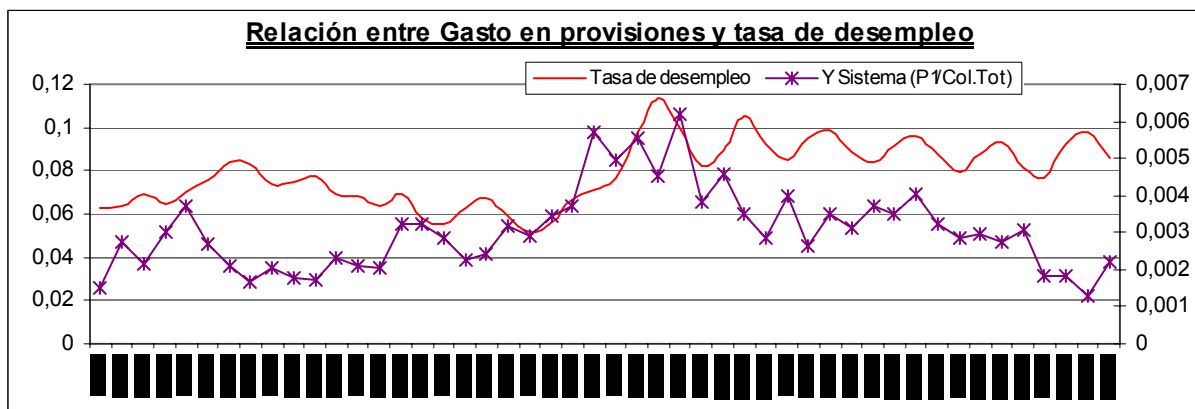
**Gráfico 2**

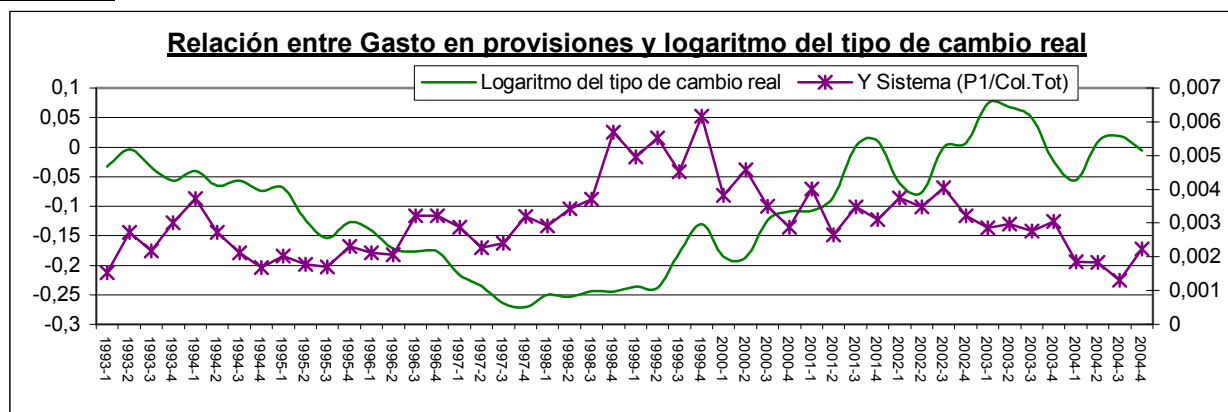


**Gráfico 3**



**Gráfico 4**



**Gráfico 5**

Los gráficos anteriores muestran nítidamente que el gasto en provisiones guarda una relación positiva con el nivel de la tasa de interés y con la tasa de desempleo. También muestran que, en fechas posteriores a la crisis asiática, para horizontes temporales de entre 6 meses y 1 año, la tasa de desempleo ha exhibido aumentos de hasta 1%, que la tasa de interés ha mostrado incrementos de hasta 300 puntos base, que el tipo de cambio real se devaluó en hasta cerca de un 15% y que el crecimiento de la actividad industrial ha experimentado desaceleraciones de hasta 4%.

Considerando las variaciones en las variables macroeconómicas claves, en la Tabla 13 se presenta el escenario macroeconómico de tensión para la tasa de desempleo, las tasas de interés y el tipo de cambio real<sup>35</sup>. Se supone que los shocks considerados duran 2 semestres. No se plantea un escenario para el crecimiento de la actividad industrial, puesto que en la regresión del gasto en provisiones esta variable no resultó estadísticamente significativa. Los resultados de aplicar el escenario macroeconómico de tensión descrito, se presentan en la Tabla 14.

**Tabla 13. Supuestos macroeconómicos utilizados en las simulaciones de riesgo de crédito**

Variable	Escenario Base
Δ Tasa Desempleo	3%
Δ Tasa de interés de crédito	3%
Δ % Tipo de Cambio Real	15%

**Tabla 14. Efectos en los Índices de Basilea \***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>Shock de Riesgo de Crédito en el Escenario Base</b>	Suben de IB Inicial	3
	Se mantienen en IB inicial	0
	Bajan, pero se mantienen en $IB \geq 10$	19
	Bajan a $10\% > IB \geq 8\%$	4
	Bajan a $IB < 8\%$	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

En el escenario de tensión base todos los bancos continúan manteniendo indicadores de Basilea por encima del mínimo de 8%. 4 bancos exhibirían luego del shock un Índice de Basilea inferior a 10% pero superior al mínimo de 8%. Respecto de la importancia de los shocks macroeconómicos y su efecto en el riesgo de crédito, de las simulaciones realizadas, se concluye que la mayor relevancia en el riesgo de

<sup>35</sup> Se supuso una tasa de crecimiento de las colocaciones reales de 5% anual estable y exógena al modelo de simulación. En estricto rigor, dicha variable debiese ser calculada endógenamente por el modelo.



crédito, proviene de los shocks en la tasa de desempleo, luego de shocks en las tasas de interés y finalmente de shocks asociados con una variación del tipo de cambio.

## 6.2 Riesgo de Crédito en las Sociedades Anónimas

Frente a caídas en los resultados operacionales y aumentos en los gastos financieros, los efectos en el indicador de suficiencia patrimonial de los bancos medido por el índice de Basilea son relativamente marginales. Ni un banco resulta muy expuesto a este tipo de shock, lo que puede denotar una mayor fortaleza patrimonial de las sociedades anónimas en un ciclo económico expansivo con bajos gastos en intereses. Los resultados se presentan en las Tablas 15 y 16<sup>36</sup>.

De los resultados obtenidos, se concluye que el sector bancario y el sector corporativo se encuentran en excelente pie para enfrentar shocks negativos como los aquí analizados.

**Tabla 15. Efectos en los Índices de Basilea asociados a una caída de 15% en los resultados operacionales de las S.A. \***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>- 15% en Resultados Operacionales de las S.A.</b>	Suben de IB Inicial	0
	Se mantienen en IB inicial	12
	Bajan, pero se mantienen en $IB \geq 10$	14
	Bajan a $10\% > IB \geq 8\%$	0
	Bajan a $IB < 8\%$	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

**Tabla 16. Efectos en los Índices de Basilea asociados a un aumento de 25% en los gastos financieros de las S.A. \***

Shock	Efecto	N° de Bancos
<b>+ 25% en Gastos Financieros de las S.A.</b>	Suben de IB Inicial	0
	Se mantienen en IB inicial	12
	Bajan, pero se mantienen en $IB \geq 10$	14
	Bajan a $10\% > IB \geq 8\%$	0
	Bajan a $IB < 8\%$	0

\* Índice de Basilea inicial de todos los bancos a la fecha del estudio era superior a 10%

<sup>36</sup> Basilea I denota el indicador de Basilea antes del shock, mientras que Basilea F representa el indicador de Basilea con posterioridad al shock.

## 7 Conclusiones de los Ejercicios de Tensión

En esta sección se presentan algunas conclusiones respecto de los shocks que impactan negativamente la posición de los bancos chilenos en escenarios de tensión.

### Impactos de shocks de tasas de interés

Una primera aproximación general a los efectos finales es que los shocks de tasas de interés tienen efectos negativos más significativos que los shocks de tipo de cambio.

Al analizar los efectos desagregados entre el libro de negociación y el libro de banca, se observa que para los bancos más grandes y con mayor peso de operaciones en colocaciones y captaciones, son más importantes los efectos sobre el libro de banca.

En el caso de las instituciones cuyas operaciones están más orientadas a las inversiones financieras y operaciones de mesas de dinero, los efectos en el libro de negociación son aquellos que priman.

Los bancos que se ven más afectados por los impactos sobre el libro de negociación de inversiones financieras son aquellos que tienen Índices de Basilea sustancialmente más altos que el mínimo requerido, por lo que un escenario de tensión no los pone en serio riesgo de caer bajo este límite.

En todos los escenarios considerados, y contemplando ya sea el libro de negociación o el libro de banca hasta 1 año plazo, todos los bancos continuarían mostrando indicadores patrimoniales sobre el 10%.

Los escenarios contemplados de shocks de tasas de interés indican que la banca tanto a nivel del libro de negociación como del libro de banca se encuentra bien preparada para enfrentarlos.

Considerando los libros de negociación y de banca en forma simultánea y en los casos de los escenarios más extremos de tasas de interés, los efectos sobre el valor económico del capital de cada banco que se derivan de shocks de tasas de interés son más importantes para 2 bancos solamente que se situarían en zonas de capitalización de Basilea en el rango de entre 8 y 10%.

### Impactos de shocks de tipos de cambio y spread soberano

Debido a que los descalces en moneda extranjera en los balances de los bancos no son significativos, las potenciales pérdidas producidas por depreciaciones o apreciaciones en el tipo de cambio son, en general, acotadas.

Las disminuciones del Índice de Basilea son relativamente menores, exceptuando algunos bancos en que la reducción del índice es importante pero que (por presentar inicialmente indicadores de suficiencia patrimonial muy altos) después del shock mantienen índices por sobre el 10%.

Para los escenarios asociados a aumentos en el margen de riesgo país que se traspasen íntegramente a las tasas de interés locales, 2 bancos exhibirían un Índice de Basilea inferior a 8% y un banco se situaría en el rango de entre 8% y 10%. Cuando el incremento en el margen de riesgo país se traspasa al tipo de cambio, todos los bancos continúan manteniendo indicadores de Basilea superiores al 10%.

### **Impactos de shocks de riesgo de crédito**

Los efectos en el indicador de suficiencia patrimonial de los bancos medido por el índice de Basilea son relativamente marginales cuando se aplican shocks que reducen los resultados de explotación de las sociedades anónimas en un 15% o shocks que significan un incremento de 25% en los gastos financieros de las sociedades anónimas. Ningún banco resulta muy expuesto a este tipo de shock, ya que todos continúan manteniendo indicadores de Basilea por sobre el 10%.

Ese resultado puede estar mostrando una mayor fortaleza patrimonial de las sociedades anónimas, dentro de un ciclo económico expansivo con bajos gastos financieros.

Al utilizar el modelo estimado para los gastos en provisiones, los resultados de las pruebas de tensión para shocks macroeconómicos muestran 4 bancos con una mayor sensibilidad a la tasa de desempleo y a las tasas de interés de corto plazo ya que sus indicadores de fortaleza patrimonial caerían por debajo del 10%. Sin embargo, ningún banco presentaría un indicador de Basilea inferior al mínimo regulatorio de 8% luego de enfrentar el escenario macroeconómico simulado.

## Bibliografía

Arellano, Manuel y Bond, Stephen, (1991), "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations, *Review of Economic Studies*, Blackwell Publishing, vol. 58(2), pp. 277- 97.

Arellano, Manuel, (2002), "Panel Data Econometrics (Advanced Texts in Econometrics)", Oxford University Press.

Arpa, M., I. Giulini, A. Ittner, y F. Pauer, (2000), "The Influence of Macroeconomic Developments on Austrian Banks: Implications for Banking Supervision", *BIS Papers*, No. 1.

Benito, A., J. Whitley, y G. Young, (2001), "Analysing Corporate and Household Sector Balance Sheets," *Financial Stability Review*, December, Bank of England.

Blaschke, W., M.T. Jones, G. Majnoni y S. Martínez Peria, (2001), "Stress Testing of Financial Systems: An Overview of Issues, Methodologies and FSAP Experiences", *IMF Working Paper 01/88*.

Committee on the Global Financial System, (2005), "Stress Testing at Major Financial Institutions: Survey Results and Practice", January, BIS.

Elsinger, H., A. Lehar y M. Summer, (2002), "Risk Assessment for Banking Systems," Working Paper No. 79, Austrian National Bank

Financial Stability Report, October 2004, Reserve Bank of New Zealand.

Frøyland, E., y K. Larsen, (2002), "How Vulnerable are Financial Institutions to Macroeconomic Changes? An Analysis Based on Stress Testing," *Bank of Norway Economic Bulletin*, vol. LXXIII, No. 3, October

Furfine, C. H., (1999), "Interbank Exposures: Quantifying the Risk of Contagion", *BIS Working Papers*, No. 70, June.

Haldane, A. G., G. Hoggart y V. Saporta, (2002), "Assessing Financial System Stability, Efficiency and Structure at the Bank of England, *BIS papers*, pp. 138-159.

Hoggarth, G. y J. Whitley, (2003), "Assessing the Strength of UK Banks through Macroeconomic Stress Tests", *Financial Stability Review*, June, Bank of England.

Hsiao, Cheng, Chesher A. y Jackson Matthew (2002), "Analysis of Panel Data", Cambridge University Press.

Hull, J. (2003), *Options, Futures and Other Derivatives*, Prentice Hall, 5 th Edition.

International Monetary Fund and The World Bank, (2003), "Analytical Tools of the FSAP", February.

International Monetary Fund, (2004), "Chile. Financial System Stability Assessment", *IMF Country Report N° 04/269*, August.

Jones, M.T., P. Hilbers y G. Snack, (2004), "Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls", *IMF Working Paper 04/127*.

Kalirai, H., y M. Scheicher, (2002), "Macroeconomic Stress Testing: Preliminary Evidence for Austria," *Financial Stability Report 3*, Austrian National Bank.

Mawdsley, A. M. Mc Guire y N. O'Donnell, (2004), "The Stress Testing of Irish Credit Institutions", Financial Stability Report, pp 103-109, Central Bank of Ireland.

Pesola, J., (2001), "The Role of Macroeconomic Shocks in Banking Crises", Bank of Finland Discussion Paper 6-2001.

Sorge, M. (2004), "Stress Testing Financial Systems: An Overview of Current Methodologies", BIS Working Papers N° 165, December.

Upper, C. y A. Worms, (2002), "Estimating Bilateral Exposures in the German Interbank Market: Is there a Danger of Contagion?" Discussion Paper 09/02, Economic Research Centre of the Deutsche Bundesbank.

## Anexos

### Anexo 1. Información utilizada para el análisis de riesgo financiero

En la medición del ejercicio de tensión para el shock de tasas de interés, se utilizó información de las tasas de interés nacionales (en moneda reajutable y no reajutable) y de las tasas de interés internacionales en dólares norteamericanos (US\$). Todas las series utilizadas corresponden a datos diarios.

- Para las tasas de interés nacionales de instrumentos reajutables y la tasa de política monetaria se utilizaron las siguientes series diarias para el período comprendido entre el 4/12/2001 y el 29/07/2005:
  - Tasa de política monetaria (TPM) nominal, cuya fuente es la base de datos estadísticos del Banco Central de Chile (BCCH). En lo que sigue se menciona esta tasa como T-1d.
  - Tasas de Cero cupón a 2 años, que corresponden a datos de mercado secundario para transacciones over the counter (OTC) entre bancos.
  - Tasas de Cero cupón a 3 años que corresponden a datos de mercado secundario para transacciones over the counter (OTC) entre bancos.
  - Tasas de Cero cupón a 4 años que corresponden a datos de mercado secundario para transacciones over the counter (OTC) entre bancos.
  - Tasas de PRC a 8 años que corresponden a datos de mercado secundario para transacciones over the counter (OTC) entre bancos.
  - Tasas de PRC a 20 años que corresponden a datos de mercado secundario para transacciones over the counter (OTC) entre bancos.
- Para las tasas de interés de instrumentos no reajutables se utilizaron series diarias de transacciones en el mercado secundario en la Bolsa de Comercio de Santiago para el período comprendido entre el 4/12/2001 al 22/08/2005. Las tasas de interés específicas que se obtuvieron corresponden a los siguientes instrumentos: PDBC-30, PDBC-90, PDBC-360, BCP-2, BCP-5 y BCP-10.
- En el caso de instrumentos en moneda extranjera (USD) se consideraron series diarias para las siguientes tasas:
  - Tasas de interés de Fed Funds de la Reserva Federal de Estados Unidos para el período 2/1/2001 hasta 24/08/2005.
  - Tasas de interés de los instrumentos emitidos por el Tesoro de Estados Unidos en el período comprendido entre 2/1/2001 hasta 24/08/2005. Se encontraron datos construidos por el Tesoro de Estados Unidos para diferentes vencimientos de los siguientes instrumentos: T-bill 30 días, T-bill 90 días, T-bill 180 días, - T-Bond 1 año, T- Bond 2 años, T- Bond 3 años, T- Bond 5 años, T- Bond 7 años, T- Bond 10 años, T- Bond 20 años, T- Bond 30 años.
- Se trabajó sobre la base de información diaria de la Unidad de Fomento (UF) publicada por el BCCH correspondiente al período 1/01/2000 a 9/08/2005.
- Para el tipo de cambio, se utilizaron datos del BCCH correspondientes al período que va desde el 3/01/2000 al 29/07/2005.
- Para los descalces de tasas de interés del sistema financiero a Agosto de 2005, se trabajó con el archivo C09, que comprende información de activos y pasivos por banda temporal, de acuerdo a la normativa de riesgo de tasas de interés del BCCH a esa fecha. La fuente de esta información es la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF).
- Para los descalces de moneda extranjera del sistema financiero, se trabajó con el archivo C05 de la SBIF, que detalla activos y pasivos por tipo de moneda extranjera por institución financiera.

## Anexo 2. Análisis de Correlación entre las tasas de interés y el tipo de cambio

En base a las series de datos diarios, se construyó una matriz de correlación entre el tipo de cambio nominal de mercado (TCN) y las tasas de interés de Política Monetaria (T-1d) del BCCH, la tasa de interés de fondos federales de la Reserva Federal de Estados Unidos (FedFunds), la tasa de interés de los PDBC a treinta días (PDBC-30) y la tasa de los PDBC a 90 días (PDBC-90). Como se observa en la Tabla 2.1, la correlación del tipo de cambio nominal (TCN) con respecto a las tasas de interés (en niveles) es baja.

**Tabla 2.1. Correlaciones en niveles para Tipo de cambio Nominal y tasas de interés nominales de corto plazo**

**Matriz de correlaciones en niveles**

	TCN	T-1d	FedFunds	PDBC-30	PDBC-90
TCN	1,0000				
T-1d	0,259383333	1,0000			
FedFunds	-0,43420307	0,27925915	1,0000		
PDBC-30	0,251566028	0,96913868	0,27172157	1,0000	
PDBC-90	0,27015717	0,97782773	0,27867826	0,9827055	1,0000

Fuente: Bolsa de Comercio (4/12/2001-19/08/2005), Banco Central de Chile y Elaboración propia.

La correlación del TCN con la T-1d y la tasa de interés de los PDBC-30 es de sólo 0,25, mientras sube levemente a 0,27 al ser correlacionado con el PDBC-90. El TCN se correlaciona incluso negativamente con la tasa de los Fed Funds de la Reserva Federal de EE.UU.

Se calculó también la matriz de correlaciones entre las variaciones de los niveles de tasas de interés y las variaciones porcentuales del tipo de cambio. Como se muestra en la Tabla 2.2, estas correlaciones son aún más bajas.

**Tabla 2.2. Correlaciones en tasas de variación para Tipo de cambio nominal y tasas de interés nominales de corto plazo**

**Matriz de correlaciones Delta**

	TCN	T-1d	FedFunds	PDBC-30	PDBC-90
TCN	1,0000				
T-1d	0,004810935	1,0000			
FedFunds	-0,02255711	0,03824638	1,0000		
PDBC-30	0,04485119	0,01923921	0,0259189	1,0000	
PDBC-90	0,069297473	0,00963958	0,03953651	0,2154303	1,0000

Fuente: Bolsa de Comercio (4/12/2001-19/08/2005), Banco Central de Chile y Elaboración propia.

Debido a la ausencia de movimiento conjunto entre el TCN y las tasas de interés (en Chile y EE.UU), se descartó un análisis de escenario y se utilizó, en cambio, un análisis de sensibilidades individuales de cada variable y de cada riesgo por separado, como paso previo a calcular los efectos finales de tensión de cada una de ellas sobre el sistema financiero.

### Anexo 3. Matriz de correlaciones entre tasas de interés locales en \$ de corto plazo y UF de largo plazo y de tipos de cambio en el período 9/08/2001 al 30/12/2001 (en niveles y variaciones)

#### Matriz de correlaciones en Niveles (período 09/08/2001-30/12/2001)

	PDBC-30	PDBC-90	PDBC-360	PRC-8	PRC-20	US\$ Obs.	US\$ M°	\$/Euro
T-1d								
PDBC-30	1,00000							
PDBC-90	0,58523	1,00000						
PDBC-360	0,52468	0,78443	1,00000					
PRC-8	0,55125	0,79624	0,67399	1,00000				
PRC-20	0,55341	0,80959	0,71248	0,98332	1,00000			
US\$ Obs.	-0,21205	-0,29944	0,13188	-0,35931	-0,29219	1,00000		
US\$ M°	-0,20430	-0,26062	0,17870	-0,31827	-0,25851	0,96535	1,00000	
\$/Euro	-0,10916	-0,00475	0,42908	-0,07458	0,00030	0,86901	0,90593	1,00000

#### Matriz de correlaciones en variaciones (período 09/08/2001-30/12/2001)

	PDBC-30	PDBC-90	PDBC-360	PRC-8	PRC-20	US\$ Obs.	US\$ M°	\$/Euro
T-1d								
PDBC-30	1,00000							
PDBC-90	0,27890	1,00000						
PDBC-360	0,21799	0,03585	1,00000					
PRC-8	0,11130	-0,04499	0,07975	1,00000				
PRC-20	0,03256	-0,06173	0,01810	0,73011	1,00000			
US\$ Obs.	0,03108	0,02045	-0,07544	0,03028	0,11664	1,00000		
US\$ M°	-0,09390	-0,10723	0,01821	0,15933	0,15269	0,12060	1,00000	
\$/Euro	-0,06906	-0,09195	-0,01275	0,21336	0,18032	0,29131	0,73063	1,00000



#### **Anexo 4. Detalle de la Metodología aplicada para los ejercicios de Tensión de Tasas de Interés en la banca chilena**

Este Anexo describe en forma detallada la metodología utilizada para realizar los ejercicios de tensión, para los shocks de tasas de interés que se basan en un análisis de sensibilidades para cada tipo de variable. Como lo demostró el análisis del Anexo 2, se escogió este análisis debido a que las correlaciones<sup>37</sup> entre las series de tasas de interés y de tipo de cambio no exhiben co-movimientos estadísticamente significativos, por lo que no procede un análisis de escenario (en el que varían simultáneamente ambos tipos de variables).

##### *a) Metodología para determinar los shocks de Tasas de Interés*

La metodología estadística se basa en el análisis de correlaciones, el que tuvo como objetivo central reducir el número de 39 factores de riesgo máximos que se derivan de las 13 bandas temporales para los tres tipos de monedas existentes (moneda reajutable, no reajutable y moneda extranjera). Luego de encontrar los factores de riesgo, se definen las sensibilidades para cada factor y tipo de moneda, tanto para los libros de negociación como de banca de las instituciones financieras, dependiendo del horizonte temporal en que se asume que los shocks afectarán la posición de los bancos.

##### *a.1) Horizonte temporal de cada ejercicio de tensión*

Se definieron dos grupos de horizontes temporales distintos para el cálculo de los shocks. El primero se definió como un shock que afecta los instrumentos financieros transables del banco (libro de negociación), el que tiene un horizonte temporal de corto plazo equivalente a 10 días. El segundo grupo se define como un shock que afecta las demás partidas del balance del banco (libro de banca) y que cuenta con un horizonte temporal más amplio, que se ha definido como trimestral o semestral.

El razonamiento detrás de los horizontes temporales en que los shocks afectarán la posición del banco, para el libro de negociación y para el libro de banca, se basa en la capacidad de responder ante dichos shocks y eventualmente recomponer la cartera. Se asume que un incremento de tasas de interés afectará el valor de las inversiones financieras transables en un horizonte de corto plazo, dado que el banco puede recomponer su portafolio con mayor flexibilidad respecto de las demás partidas de los activos. Para el caso del libro de banca, en cambio, el horizonte temporal es mayor debido a que el efecto de un incremento en las tasas de interés se hace efectivo cuando se produce la renovación y/o repreciaación de los activos o pasivos. Además se considera que el shock afecta relativamente menos a los flujos que se reprecian en el plazo más corto. Cabe destacar que los horizontes temporales considerados en nuestro análisis coinciden con los utilizados por el BCCH (implícita y/o explícitamente) en la norma de riesgo financiero establecida en el Capítulo III.B.2 del Compendio de Normas Financieras.

##### *a.2) Shocks que determinan los escenarios del ejercicio de tensión*

En particular, se aplicaron tres tipos de shocks de tasas de interés. En primer lugar, se asume un incremento correspondiente a 5 veces la desviación estándar según cada horizonte temporal para cada tipo de tasa de interés (no reajutable, reajutable y moneda extranjera). El segundo shock implica un incremento de 7 veces la desviación estándar según cada horizonte temporal para las mismas variables, mientras el tercero considera los shocks propuestos por el FMI, los que consideran un aumento paralelo en la curva de rendimiento en \$ y UF de 1,7% y de 1% para la curva de rendimiento en US\$ sin un horizonte temporal definido.

---

<sup>37</sup> Como lo menciona la nota 14, las correlaciones utilizadas en este estudio corresponden a correlaciones de Pearson.

### *a.3) Determinación de Factores de Riesgo*

En base a estimaciones estadísticas y correlaciones entre movimientos de las tasas de interés de bandas temporales adyacentes, se logró reducir los 39 factores iniciales, a un total de 16 factores de riesgo.

El punto de partida de la metodología fue generar la construcción de una curva de rendimiento que entregara tasas de interés para los plazos relevantes correspondientes a las bandas temporales. Sin embargo, no se contó con datos de tasas de interés para todos aquellos plazos definidos en la normativa del BCCH, ya que en el mercado no se transan instrumentos para todos esos plazos, por lo que se tuvo que extrapolar algunos de estos datos inexistentes.

En consecuencia, se optó por encontrar las correlaciones entre series de tasas de interés y de los cambios en ellas. El supuesto subyacente es que si existen tasas de interés de diferentes bandas temporales cuyas variaciones y niveles están correlacionados entre sí, entonces se supone que conforman un mismo factor de riesgo. De ese modo, se construyeron entonces matrices de correlaciones para todas las tasas de interés de diferentes plazos y monedas. Los resultados arrojaron que las correlaciones en niveles entre bandas adyacentes son normalmente altas (usualmente por sobre 0,9). Por su parte, las correlaciones entre variaciones de las tasas de interés para bandas adyacentes son menores, aunque razonablemente correlacionadas en algunos casos.

#### *Tasas no reajustables*

En base a la serie de tasas de interés diarias de instrumentos no reajustables, se logró construir una porción corta de la curva de rendimiento nominal (entre PDBC-30, PDBC-90 y PDBC-360). Luego se calculó la correlación de estas tasas nominales hasta un año plazo además de su correlación con las tasas de instrumentos nominales a más largo plazo (BCP-2, BCP-5 y BCP-10).

La correlación en niveles de tasas de interés entre bandas adyacentes de plazos de vencimientos resultó alta. Sin embargo, las correlaciones bajan notablemente cuando se consideran las variaciones en las tasas de interés a cada plazo.

Se comprobó empíricamente también una potencial correlación de los instrumentos de largo plazo nominales de los que se tenía datos (BCP-2, BCP-5, BCP-10) con los instrumentos reajustables (Cero-2, Cero-3, Cero-4, PRC-8 y PRC-20), con el objetivo de simular la porción de largo plazo de la curva de rendimiento en caso de que ambos tipos de instrumentos tuvieran correlaciones altas. Sin embargo, los resultados muestran bajas correlaciones entre ambos tipos de instrumentos, por lo cual se descartó esta alternativa. También se calcularon las correlaciones para niveles y cambios en las tasas de interés nominales y reajustables según la UF.

La correlación de niveles en las tasas TIR entre los Cero y los BCP no es alta como en los casos de los BCP y Ceros entre sí. Sólo la correlación entre el BCP-2/BCP-5 y la de los cupones cero entre sí son altas. La correlación de los instrumentos en UF con el BCP-10 es baja. Existe correlación de alrededor de 0,3-0,4 para el BCP-5 con los Cero-3 y Cero-4. Las correlaciones de cambios diarios en las tasas de interés de los Cero y los BCP son aún más bajas. Sólo las correlaciones entre BCP-2/BCP-5 y las de los cupones cero son relevantes, aunque menores que en niveles.

#### *Tasas Reajustables*

Dado que no fue posible obtener información sobre instrumentos reajustables a corto plazo se optó por construir la curva de rendimiento para vencimientos en el corto plazo reajustables. Los supuestos utilizados en este punto son dos. En primer lugar, se asume que existe pleno arbitraje entre instrumentos reajustables y no reajustables a los mismos plazos<sup>38</sup>.

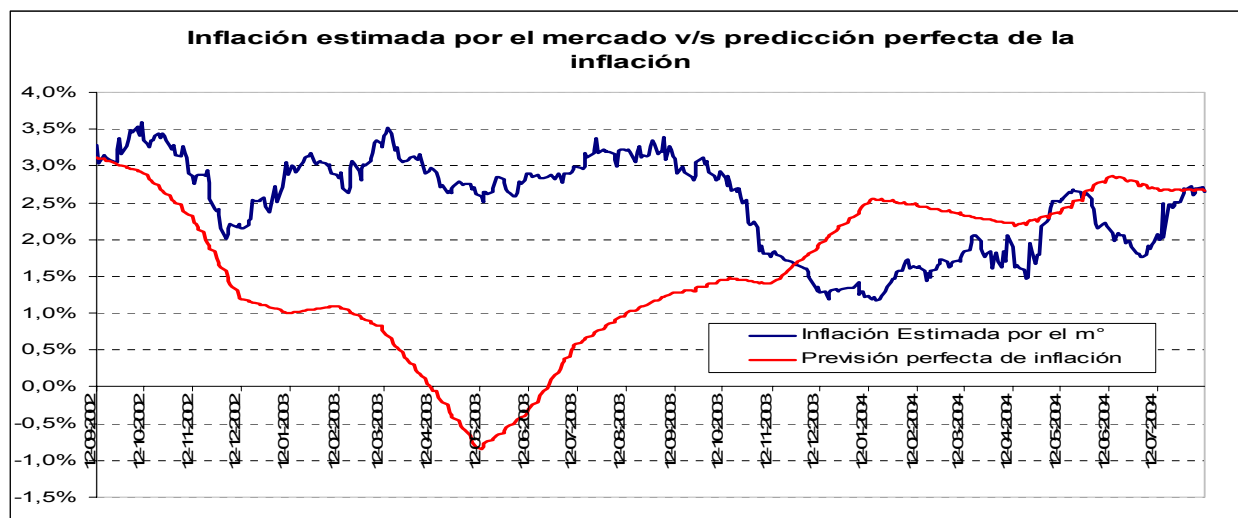
El segundo supuesto utilizado es que los agentes tienen expectativas racionales y son capaces de prever perfectamente la inflación a 30 y 90 días, y a un año plazo. Esto significa que la volatilidad del nivel de la

---

<sup>38</sup> En efecto, si la variación diaria de la UF induce a que la tasa reajutable más el cambio de la UF inicialmente exceda la tasa de un instrumento nominal equivalente, el mercado financiero realizaría una recomposición del portafolio y empezaría a tomar posiciones en papeles reajustables en desmedro de los no reajustables, hasta equilibrar ambas tasas de interés.

inflación efectiva es mayor que la del nivel de la inflación esperada medida por el diferencial de tasas de interés entre un BCP-5 y BCU-5, por lo que con la metodología aplicada se está implícitamente sobreestimando la volatilidad de la UF esperada. Como muestra la Figura 4.1, la volatilidad de los niveles de inflación que predice el mercado es menor a la que resulta de suponer que los agentes son capaces de predecir perfectamente la inflación del período. Lógicamente que esto puede estar influido por el horizonte de largo plazo de predicción implícito en las expectativas de inflación que se derivan de las tasas de interés de mercado. Como el Banco Central ya no emite papeles en UF de corto plazo, no es posible inferir la inflación esperada de los agentes económicos en el corto plazo.

**Gráfico 4.1. Tasas de inflación estimada por el mercado y bajo previsión perfecta<sup>39</sup>**



Con lo anterior, se determina una proxy de las tasas de interés de instrumentos reajustables a 30, 90 días y a un año plazo, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$TPM_{Reajustable} = \frac{(1 + TPM_{No\ min\ at})}{(1 + \Delta UF_{30\ días})^{12}} - 1$$

La existencia de arbitraje entre instrumentos financieros a diferentes plazos permite suponer la hipótesis de expectativas para obtener las tasas a los plazos en que no existen observaciones de mercado. De acuerdo a esta hipótesis, las TIR de un instrumento a plazo "n" y la TIR de un instrumento a plazo "n-1" permite obtener la tasa de interés que regirá entre el período n y el n-1. Esta predicción se obtiene según la siguiente fórmula:

$$TIR_{periodo\ n-1} = \frac{(1 + TIR_n)^n}{(1 + TIR_{n-1})^{n-1}} - 1$$

La anterior metodología se aplicó para encontrar las tasas de interés en plazos intermedios en que no existen observaciones de mercado. Estas tasas de interés pueden ser construidas mediante arbitraje entre las tasas de interés más largas y más cortas, con lo que es posible obtener una tasa de interés para el período comprendido entre dos vencimientos y luego componer las tasas de interés del período inicial y la tasa forward para obtener la tasa de interés del período intermedio.

<sup>39</sup> La inflación estimada por el mercado se calculó en base a las TIR anuales de los BCP a 5 años en relación a los BCU a 5 años.

Por ejemplo, en base a las tasas de los PDBC-90 y PDBC-360, se interpoló la tasa de 180 días. Suponiendo la hipótesis de expectativas en su forma pura, se obtiene la tasa de interés que prevalecería para la banda temporal entre 90 días y 360 días, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$1 + TIR_{360 \text{ días}}^{90 \text{ días}} = \frac{(1 + TIR_{360})^{\frac{360}{270}}}{(1 + TIR_{90})^{90/270}}$$

Para encontrar entonces la tasa de interés anualizada que rige hasta el período de 180 días, usamos la siguiente relación:

$$1 + TIR_{180 \text{ días}} = (1 + TIR_{90})^{1/2} (1 + TIR_{360})^{1/2}$$

Luego de obtener la tasa a 180 días en base a la hipótesis de expectativas, se calculó la matriz de correlaciones de las tasas reajustables “arbitradas”, es decir, las encontradas de acuerdo al supuesto de plena predicción de la UF por los agentes y de acuerdo a la hipótesis de formación de tasas de interés en base a expectativas.

Dados los supuestos de expectativas racionales (previsión perfecta de inflación) y arbitraje entre tasas de interés en \$ y UF y tasas de interés a distintos plazos, entonces la tasa de interés en UF de corto plazo refleja solamente el riesgo de inflación (es la tasa nominal más la inflación del período). La matriz de correlaciones de niveles de tasas de interés encontrada muestra una alta correlación para las tasas en UF arbitradas entre sí.

Las correlaciones de las variaciones de la tasa son más bajas que en niveles, aunque hay correlaciones mayores a 0,2 y 0,3, incluso existe una correlación de casi 1 entre las tasas de interés en UF a 90 y 180 días.

#### *Tasas en US\$*

En el caso de las tasas de interés en US\$, los datos del Tesoro de Estados Unidos para curvas de rendimiento diarias permiten calcular los factores de riesgo de manera más directa.

De los cálculos realizados, se concluye que, en general, las tasas de interés en US\$ de plazos cercanos están altamente correlacionadas, tanto en niveles como en variaciones.

#### *a.4) Regla para Determinar Factores de Riesgo*

La regla de decisión para encontrar los factores de riesgo se basa en la correlación tanto de niveles como de las variaciones de las tasas de interés a diferentes plazos<sup>40</sup>. La regla para determinar factores de riesgo comunes define que, dado un nivel alto de correlación en nivel de tasas de interés de bandas adyacentes (sobre 0,9), si la correlación de las variaciones en las tasas de interés de esas bandas es significativa de acuerdo a un test de hipótesis en que se calcula un estadístico t-student<sup>41</sup>, se supone entonces que las tasas de interés de ambas bandas temporales se mueven correlacionadas, y por tanto conforman un sólo factor de riesgo.

40 En este estudio sólo se presentan los t-Student de las correlaciones ante variaciones de tasas debido a que las correlaciones en niveles son significativas al ser en general superiores a 0,9. Al considerar este nivel de correlación positiva y la definición del estadístico t, en este caso la aplicación de la fórmula descrita en la nota 20, y considerando que la serie de datos utilizada cuenta con más de 900 observaciones, genera como resultado un t superior a 20.

41 La nota 20 explica en detalle el test de hipótesis para establecer la significancia estadística de las correlaciones.

Las pruebas estadísticas efectuadas indican que no es estadísticamente significativa la correlación de las variaciones de las tasas de interés de política monetaria (T-1d) con las demás tasas de interés. Esto confirma la idea de la existencia de un solo factor de riesgo para las bandas de más corto plazo.

Sin embargo, resultan estadísticamente significativas las correlaciones entre las variaciones de las tasas de interés del PDBC-30 con las del PDBC-90 y las del PDBC-90 con las del PDBC-360. Esto apoya la idea de factores de riesgo comunes para las bandas temporales de entre 1 a 3 meses, 3 a 6 meses y de 6 meses a 1 año.

De manera análoga, las tasas de interés de más largo plazo también muestran correlaciones entre sus variaciones con valores significativos, como la de los BCP-2 y BCP-5. En este caso también se refuerza el factor de riesgo común en las bandas temporales de 2 a 3 años, de 3 a 4 años y de 4 a 5 años.

Se calculó también el nivel de significancia de las correlaciones de las variaciones de las tasas de interés reajustables, con el objetivo de verificar la existencia de factores de riesgo comunes en algunas bandas temporales. En este caso, los resultados son más significativos que en el caso de las tasas de interés nominales para las distintas correlaciones entre las variaciones de las tasas de interés de bandas temporales adyacentes.

Finalmente, también se calculó el nivel de significancia de las correlaciones de las variaciones de las tasas de interés en US\$, para verificar los factores de riesgo comunes en las bandas temporales. En este caso, las correlaciones resultan bastante significativas entre las variaciones de las tasas de interés de bandas adyacentes.

La significancia estadística de las correlaciones de las variaciones de las tasas de interés en US\$ es alta para bandas temporales cercanas y decae a medida que se alejan los períodos de madurez de los instrumentos financieros. De esta manera se calculan los factores de riesgo que resultan para cada banda o conjunto de bandas temporales definidas en la normativa de límites a la exposición al riesgo de tasas de interés.

#### a.5) Cálculo de Factores de Sensibilidad

Los factores de sensibilidad están basados en las volatilidades de las tasas de interés de los puntos medios de los plazos de cada banda temporal. Se asume que la tasa de interés que presentará el shock corresponde a la tasa en el punto medio de cada banda temporal, la que, de no existir información de mercado, se obtiene suponiendo la hipótesis de expectativas. Las tasas de interés correspondientes al plazo medio de cada banda temporal se construyen a partir de las tasas de interés de los plazos con que comienza la banda correspondiente y la de comienzo de la próxima banda, aplicando la hipótesis de expectativas en la formación de tasas de interés. Con esto, se determinan las tasas de interés a 15 días, 2 meses, 4,5 meses, 9 meses, 1,5 años, 2,5 años, 3,5 años, 4,5 años, 6 años, 8,5 años, 12 años, 15 años, 17,5 años y 20 años.

Para el caso de los instrumentos no reajustables, la estadística descriptiva y las volatilidades de las tasas de interés que corresponden a los plazos medios de cada banda temporal se presentan en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Estadística descriptiva para las tasas de interés del plazo medio de cada banda temporal (en \$) cuyo factor de riesgo es distinto (horizonte temporal diario)**

	Tasa 15d	Tasa 2m	Tasa 4,5m	Tasa 9m	Tasa 1,5y	Tasa 2,5y
Max	3,8433	3,8550	3,1506	3,6520	6,5201	8,8477
Min	0,8289	0,9912	2,0837	2,8050	5,5466	7,3942
STD DEV	0,3087	0,2560	0,2141	0,1259	0,1979	0,3018
Kurtosis	2,1488	2,1594	0,2984	0,7683	-0,2008	0,4840

Fuente: Elaboración propia en base al período 13/09/2002-4/09/2003

Para el caso de los instrumentos reajustables, la estadística descriptiva y las volatilidades de las tasas arbitradas se presentan en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Estadística descriptiva para las tasas de interés del plazo medio de cada banda emporal (en UF) cuyo factor de riesgo es distinto (horizonte temporal diario)**

	Tasa 15d	Tasa 2m	Tasa 4,5m	Tasa 9m	Tasa 1,5y	Tasa 2,5y	Tasa 3,5y
Max	9,61	8,99	8,40	4,87	6,66	7,29	7,74
Min	-12,42	-10,71	-6,72	-0,69	1,37	3,03	3,45
STD DEV	4,7873	4,6677	3,8194	1,5362	1,2759	1,2558	1,1327
Kurtosis	-0,3735	-0,6152	-0,7556	-1,0073	0,0528	-1,2849	-1,3588

Fuente: Elaboración propia en base al período 13/09/2002-4/09/2003

Para el caso de los instrumentos en moneda extranjera, la estadística descriptiva y las volatilidades de las tasas de interés se presentan en la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3. Estadística descriptiva para las tasas de interés del plazo medio de cada banda temporal (en US\$) cuyo factor de riesgo es distinto (horizonte temporal diario)**

	Tasa 15d	Tasa 2m	Tasa 4,5m	Tasa 9m	Tasa 1,5y	Tasa 2,5y
Max	3,66	3,65	3,64	3,90	6,19	6,67
Min	0,70	0,76	0,81	0,86	1,55	2,02
STD DEV	0,701057	0,707075	0,751801	0,775886	1,184295	1,118317
Kurtosis	0,244549	0,161118	-0,233205	-0,613144	-1,086163	-1,176703

Fuente: Elaboración propia en base al período 13/09/2002-4/09/2003

De acuerdo a las tasas de interés antes calculadas, los factores de sensibilidad estarán dados por la siguiente relación:

$$Sensibilidad = \frac{1}{(1+r)^n} - \frac{1}{(1+r+\Delta r)^n}$$

donde

$r$  = tasa de interés del punto medio de la banda temporal;

$\Delta r$  = variación de la tasa de interés del punto medio de la banda temporal;

$n$  = plazo medio de la banda temporal correspondiente.

En particular, por ejemplo, para calcular la tasa de interés de la banda temporal entre 1 y 2 años, se supone que corresponde a la tasa del plazo medio de dicha banda temporal, es decir 1,5 años. Así entonces, dicha tasa de interés se determina formalmente como sigue:

$$TIR_{1,5y} = \left\{ \left( 1 + TIR_{PD\text{BC}-360} \right)^{2/3} \left[ \frac{\left( 1 + TIR_{BCP-2} \right)^2}{\left( 1 + TIR_{PD\text{BC}-360} \right)} \right]^{1/3} \right\} - 1$$

En base a los escenarios probables de fluctuaciones en las tasas de interés, se calculan las sensibilidades para los distintos horizontes temporales (10 días, trimestral y semestral).

**Anexo 5. Matriz de correlaciones entre tasas de interés****Matriz de correlaciones en niveles de Tasas en \$ y US\$ hasta 1 año**

	T-1d	FedFunds	PDBC-30	PDBC-90	US\$ 1mo	US\$ 3mo	US\$ 1y
T-1d	1,0000						
FedFunds	0,285368939	1,0000					
PDBC-30	0,968846646	0,28330122	1,0000				
PDBC-90	0,977471767	0,28880719	0,98269888	1,0000			
US\$ 1mo	0,309280107	0,9868688	0,30620276	0,30969899	1,0000		
US\$ 3mo	0,241909695	0,98523632	0,24230913	0,24427211	0,99169416	1,0000	
US\$ 1y	0,252951069	0,92658256	0,25197799	0,24574504	0,94145679	0,96459714	1,0000

**Matriz de correlaciones en niveles entre Tasas en UF y US\$ a más de 1 año**

	Cero 2	Cero 3	Cero 4	PRC 8	PRC 20	US\$ 2 yr	US\$ 3 yr	US\$ 5 yr	US\$ 7 yr	US\$ 20 yr
Cero 2	1,0000									
Cero 3	0,963404485	1,0000								
Cero 4	0,926695389	0,98847489	1,0000							
PRC 8	0,92240386	0,98167418	0,9964479	1,0000						
PRC 20	0,743374388	0,86492465	0,91127238	0,91461453	1,0000					
US\$ 2 yr	0,272387623	0,13877326	0,05272354	0,06009775	-0,22839517	1,0000				
US\$ 3 yr	0,375612646	0,26204452	0,18159324	0,1916186	-0,06822911	0,98092104	1,0000			
US\$ 5 yr	0,531928498	0,46340656	0,39889264	0,41123067	0,20871058	0,87274574	0,94954535	1,0000		
US\$ 7 yr	0,613758029	0,58770086	0,54203898	0,55547453	0,40724162	0,74108099	0,85399224	0,97197577	1,0000	
US\$ 20 yr	0,605373452	0,70154149	0,72323084	0,73835292	0,78934628	0,18791605	0,36624171	0,62936037	0,79112426	1,0000

**Matriz de correlaciones en variaciones de Tasas en \$ y US\$ hasta 1 año**

	T-1d	FedFunds	PDBC-30	PDBC-90	US\$ 1mo	US\$ 3mo	US\$ 1y
T-1d	1,0000						
FedFunds	0,036869759	1,0000					
PDBC-30	0,023391772	0,02660138	1,0000				
PDBC-90	0,013031277	0,05394203	0,21581997	1,0000			
US\$ 1mo	-0,04611538	-0,00488077	0,07189102	0,00440528	1,0000		
US\$ 3mo	0,002048552	0,01280188	0,02406207	-0,04703005	0,52235587	1,0000	
US\$ 1y	-0,01967827	0,03577331	0,06697426	-0,02343846	0,21854964	0,51624545	1,0000

**Matriz de correlaciones en variaciones de Tasas en Ufy US\$ a más de 1 año**

	Cero 2	Cero 3	Cero 4	PRC 8	PRC 20	US\$ 2 yr	US\$ 3 yr	US\$ 5 yr	US\$ 7 yr	US\$ 20 yr
Cero 2	1,0000									
Cero 3	0,562565174	1,0000								
Cero 4	0,451500036	0,61239656	1,0000							
PRC 8	0,36975214	0,50898446	0,78051932	1,0000						
PRC 20	0,343088405	0,48459279	0,67843025	0,81605715	1,0000					
US\$ 2 yr	0,026970094	-0,02173749	-0,01506801	-0,00875324	-0,01130871	1,0000				
US\$ 3 yr	0,024850086	-0,01969338	-0,0106791	-0,00143998	-0,0081939	0,96979137	1,0000			
US\$ 5 yr	0,021933733	-0,01774147	-0,00838864	0,00298044	-0,00031249	0,9219947	0,95841877	1,0000		
US\$ 7 yr	0,017358489	-0,01839125	-0,01714786	-0,0066943	-0,0049104	0,88765238	0,93084372	0,97807742	1,0000	
US\$ 20 yr	-0,00645047	-0,01588128	-0,01483939	-0,00215255	-0,00090424	0,79013692	0,84306108	0,91389362	0,94984183	1,0000

## Anexo 6. Factores de Proporcionalidad

Dado que los cálculos de las desviaciones estándar de las tasas de interés en \$ se realizaron con datos comprendidos entre el 09/09/2002 y 04/09/2003 (período de intersección de las series para BCP-2, BCP-5 con la serie para el PDBC-360 con que se contaba) las volatilidades de las tasas en \$ aparecen como menores a las de las tasas en US\$, sobretodo para las variaciones trimestrales y semestrales. Para corregir esta aparente contradicción y obtener un estimador más real de las desviaciones estándar en cada caso, se empleó la serie completa de tasas de interés de PDBC-30, PDBC-90 y PDBC-360; observándose que hay factores de proporcionalidad relativamente estables entre las desviaciones estándar calculadas para las series cortas de datos y de las series completas. Dichos factores se muestran en las Tablas 6.1, 6.2 y 6.3

**Tabla 6.1 Factor de proporcionalidad entre la volatilidad de las tasas de interés en \$ calculada con la serie reducida versus la serie completa (horizonte temporal diario)**

Banda de Plazo	Máx D serie completa/Máx D serie corta	Volatilidad serie completa /Volatilidad serie corta
0m-1m	1,0000	1,0280
1-3m	1,0558	1,0364
3m-6m	1,4862	1,1981
6m-1y	1,6660	1,3964
<b>Promedio</b>	1,3020	1,1647

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.2 Factor de proporcionalidad entre la volatilidad de las tasas de interés en \$ calculada con la serie reducida versus la serie completa (horizonte temporal trimestral)**

Banda de Plazo	Máx D serie completa/Máx D serie corta	Volatilidad serie completa /Volatilidad serie corta
0m-1m	1,0000	1,3267
1-3m	1,0000	1,4568
3m-6m	1,0000	1,7007
6m-1y	1,0000	2,3695
<b>Promedio</b>	1,0000	1,7134

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.3 Factor de proporcionalidad entre la volatilidad de las tasas de interés en \$ calculada con la serie reducida versus la serie completa (horizonte temporal semestral)**

Banda de Plazo	Máx D serie completa/Máx D serie corta	Volatilidad serie completa /Volatilidad serie corta
0m-1m	2,5490	1,6657
1-3m	3,1103	1,7371
3m-6m	1,0000	1,7286
6m-1y	1,0000	1,6634
<b>Promedio</b>	1,9148	1,6987

Fuente: Elaboración propia

En base a esta relativa estabilidad del factor de proporcionalidad de las desviaciones estándar calculadas para diferentes períodos, se supone que dicha proporcionalidad entre las desviaciones estándar se mantiene para las tasas de interés de las bandas temporales superiores a un año, y con ello es posible ajustar coherentemente el cálculo de las sensibilidades para todos los factores de riesgo de las bandas temporales correspondientes.



## Anexo 7. Factores de Riesgo y volatilidades en base al período 9/09/2002-4/09/2003

## Factores Tasa \$ (Diaria)

Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	94,482	29,251	146,253	204,754
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	70,215	22,202	111,008	155,411
3m-6m	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	32,740	12,753	63,767	89,274
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		15,119	3,454	17,268	24,175
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	52,267	8,596	42,978	60,169
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	43,305	10,427	52,136	72,990
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
7y - 10y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
10y - 15y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
15y - 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
más 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				

\*Calculado desde 16/09/02 hasta 4/09/2003 (puntos donde hay datos para BCP-2 y BCP-5)

## Factores Tasa \$ (Trimestral)

Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	157,401	51,269	256,344	358,881
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	126,139	44,314	221,572	310,201
3m-6m	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	95,066	40,153	200,765	281,071
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		53,707	28,922	144,610	202,454
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	72,772	28,800	143,998	201,597
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	78,936	41,449	207,244	290,142
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
7y - 10y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
10y - 15y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
15y - 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
más 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				

\*Calculado desde 16/09/02 hasta 4/09/2003 (puntos donde hay datos para BCP-2 y BCP-5)

## Factores Tasa \$ (Semestral)

Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	67,636	60,951	304,754	426,655
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	49,872	57,561	287,806	402,929
3m-6m	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	41,902	55,230	276,148	386,607
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		77,727	62,083	310,413	434,578
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	66,962	31,399	156,994	219,792
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	76,014	47,640	238,201	333,482
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
7y - 10y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
10y - 15y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
15y - 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
más 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				

\*Calculado desde 16/09/02 hasta 4/09/2003 (puntos donde hay datos para BCP-2 y BCP-5)

## Anexo 8

**Tabla 8.1. Factores de Riesgo para cada banda temporal por tipo de moneda (horizonte temporal diario)**

Factores Tasa UF (Diaria)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0-1m	Alta	Alta	Alta	Factor banda**	679,573	120,921	604,606	846,449
1-3m	Alta	Alta	Alta	Factor banda	209,734	42,731	213,655	299,118
3m-6m	Alta	Alta	Alta		148,675	27,751	138,755	194,256
6m-1y	Alta	Alta	Alta		34,565	7,622	38,108	53,352
1y - 2y	Alta	Nula	Baja		Factor único	18,710	5,473	27,363
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	28,804	5,847	29,234	40,927
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		23,889	7,421	37,104	51,945
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda				
7y - 10y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
10y - 15y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		14,000	4,368	21,840	30,576
15y - 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
más 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					

\* Calculado entre 7/12/2001 hasta 4/12/2003 (donde fue posible arbitrar datos de \$ con inflación)  
\*\* Factor banda igual en ambas bandas pese a que no son adyacentes  
\*Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta de tasas "relativamente" altos (por sobre 0,3)  
N.D: No Disponible  
\* Factor banda igual en ambas bandas pese a que no son adyacentes

Factores Tasa \$ (Diaria)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	94,482	30,071	150,354	210,495
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	74,132	23,010	115,049	161,069
3m-6m	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	48,660	15,280	76,398	106,957
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		25,188	4,822	24,112	33,757
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	n.d	10,011	50,057	70,080
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda				
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		n.d	12,145	60,723	85,013
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Nula	Nula	Nula		Factor único			
7y - 10y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
10y - 15y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
15y - 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
más 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				

\*Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta de tasas "relativamente" altos (por sobre 0,3)  
N.D: No Disponible  
\* Factor banda igual en ambas bandas pese a que no son adyacentes

Factores Tasa US\$ (Diaria)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	30,296	4,944	24,719	34,607
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	24,376	4,001	20,004	28,005
3m-6m	Alta	Nula	Baja	Factor único	11,374	3,184	15,922	22,291
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	19,994	4,240	21,201	29,681
1y - 2y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		38,991	8,949	44,745	62,643
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	45,728	10,900	54,501	76,302
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
7y - 10y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
10y - 15y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
15y - 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
más 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					

\*Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta con t-Student significativo

**Tabla 8.2. Factores de Riesgo para cada banda temporal por tipo de moneda (horizonte temporal trimestral)**

Factores Tasa UF (Trimestral)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0-1m	Alta	Alta	Alta	Factor banda**	1506,654	813,546	4067,728	5694,819
1-3m	Alta	Alta	Alta	Factor banda	1428,156	790,927	3954,634	5536,487
3m-6m	Alta	Alta	Alta		1099,032	634,702	3173,511	4442,915
6m-1y	Alta	Alta	Alta		347,225	207,667	1038,334	1453,668
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	175,391	132,955	664,777	930,688
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	154,938	105,149	525,743	736,041
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		173,481	99,376	496,881	695,634
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda				
5y - 7y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
7y - 10y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		74,000	50,980	254,898	356,857
10y - 15y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
15y - 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
más 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					

\* Calculado entre 7/12/2001 hasta 4/12/2003 (donde fue posible arbitrar datos de \$ con inflación)  
 \*\* Factor banda igual en ambas bandas pese a que no son adyacentes

Factores Tasa \$ (Trimestral)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	157,401	68,020	340,098	476,137
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	126,139	64,555	322,777	451,887
3m-6m	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	95,066	68,288	341,438	478,014
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		53,707	68,530	342,652	479,712
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	n.d	49,346	246,729	345,420
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	n.d	71,019	355,095	497,133
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
7y - 10y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
10y - 15y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
15y - 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
más 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				

Factores Tasa US\$ (Trimestral)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	102,477	42,839	214,195	299,873
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	90,761	42,570	212,852	297,993
3m-6m	Alta	Nula	Baja	Factor único	66,877	41,752	208,761	292,266
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	100,478	42,511	212,557	297,579
1y - 2y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		196,452	72,728	363,640	509,097
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	224,988	85,873	429,367	601,113
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
7y - 10y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
10y - 15y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
15y - 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
más 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					

Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta de tasas "relativamente" altos (por sobre 0,3)

En el caso del cambio en tasas en UF, dada la menor correlación relativa de las bandas, el criterio es una correlación mayor a 0,35  
 N.D: No Disponible

\* Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta con t-Student significativo

**Tabla 8.3. Factores de Riesgo para cada banda temporal por tipo de moneda  
(horizonte temporal semestral)**

Factores Tasa UF (Semestral)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0-1m	Alta	Alta	Alta	Factor banda	1352,507	466,289	2331,445	3264,023
1-3m	Alta	Alta	Alta	Factor banda	930,300	437,355	2186,776	3061,486
3m-6m	Alta	Alta	Alta		680,728	368,103	1840,517	2576,724
6m-1y	Alta	Alta	Alta		348,715	225,532	1127,659	1578,723
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	199,051	185,759	928,793	1300,311
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	43,971	97,378	486,889	681,644
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		66,859	80,627	403,136	564,391
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda				
5y - 7y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
7y - 10y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		166,000	62,926	314,630	440,482
10y - 15y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
15y - 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
más 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					

\* Calculado entre 7/12/2001 hasta 4/12/2003 (donde fue posible arbitrar datos de \$ con inflación)

Factores Tasa \$ (Semestral)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	172,406	101,528	507,639	710,694
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	155,118	99,988	499,941	699,918
3m-6m	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	41,902	95,468	477,339	668,275
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		77,727	103,266	516,328	722,860
1y - 2y	Alta	Nula	Baja	Factor único	n.d	53,337	266,683	373,356
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	n.d	80,926	404,628	566,480
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
7y - 10y	Nula	Nula	Nula	Factor único				
10y - 15y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
15y - 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				
más 20y	N.D	N.D	N.D	Factor único				

Factores Tasa US\$ (Semestral)								
Banda	Correlación con banda adyacente		Final	Tipo de Factor Propuesto	Máximo Delta de la banda (bp)*	Volatilidad diaria (bp)*	Shock 5x Volat. (bp)*	Shock 7x Volat. (bp)*
	en nivel	en Delta						
0m-1m	Alta	Nula	Baja	Factor único	135,636	63,000	315,002	441,003
1-3m	Alta	Nula	Baja	Factor único	122,514	63,244	316,220	442,708
3m-6m	Alta	Nula	Baja	Factor único	121,375	63,000	314,999	440,999
6m-1y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	128,748	62,802	314,012	439,617
1y - 2y	Alta	Positiva ("alta")	Alta		208,062	105,143	525,713	735,998
2y - 3y	Alta	Positiva ("alta")	Alta	Factor banda	199,817	117,390	586,951	821,731
3y - 4y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
4y - 5y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
5y - 7y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
7y - 10y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
10y - 15y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
15y - 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					
más 20y	Alta	Positiva ("alta")	Alta					

Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta de tasas "relativamente" altos (por sobre 0,3)

En el caso del cambio en tasas en UF, dada la menor correlación relativa de las bandas, el criterio es una correlación mayor a 0,35

N.D: No Disponible

\*Los factores para una banda se refieren a que más de una banda de plazo tiene correlación en niveles de tasas altos (por sobre 0,85-0,9) y correlación en Delta con t-Student significativo

**Anexo 9. Volatilidades y correlaciones de las paridades de monedas****Tabla 9.1 Volatilidades de las paridades de monedas**

Tipo Moneda	Máxima variación Diaria	Volatilidad en 10 días	Shock 5x. Volatilidad en 10 días	Shock 7x. Volatilidad en 10 días
US\$ Obs	2,838%	1,749%	8,747%	12,245%
US\$ M°	2,838%	1,749%	8,744%	12,241%
Euro	3,708%	2,622%	13,109%	18,353%

**Tabla 9.2 Correlaciones en niveles diarios de tipo cambio**

	\$ / US\$Obs	\$ / US\$ M°	\$ Euro
\$ / US\$Obs	1,00000		
\$ / US\$ M°	0,99856	1,00000	
\$ Euro	0,53544	0,53339	1,00000

**Tabla 9.3 Correlaciones en tasas de variación diaria del tipo cambio**

	\$ / US\$Obs	\$ / US\$ M°	\$ Euro
\$ / US\$Obs	1,00000		
\$ / US\$ M°	0,13666	1,00000	
\$ Euro	0,04924	0,60826	1,00000