

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS



*ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO*

**Maestría en Gestión Económica y Financiera de  
Riesgos**

**Tesis**

**Generación de Escenarios Macroeconómicos para la  
Realización de Pruebas de Estrés en Entidades  
Financieras**

Lic. Marcelo Fernando Betti

---

Mg. Luis Alberto Trajtenberg  
Director

---

Mg. Martin Ezequiel Masci  
Co Director

# Generación de Escenarios Macroeconómicos para la Realización de Pruebas de Estrés en Entidades Financieras

## Agradecimiento

Agradezco al Mg. Martin Masci por el interés que desde un primer momento demostró en mi investigación y por el seguimiento que fue haciéndome para que la concluya. Al Mg. Luis Trajtenberg que me ayudo a diseñar el modelo econométrico y siempre respondió con buena predisposición mis inquietudes. A las autoridades y profesores de la Maestría, que demostrándome una gran calidad humana ofrecieron su ayuda de diversas maneras durante la cursada, facilitándome el seguimiento de las clases.

A mi familia y amigos que supieron comprenderme cuando les posponía o no asistía a salidas y encuentros, para dedicar más tiempo al estudio. A mis compañeros de trabajo del Banco Credicoop Coop. Ltda. que me alentaron durante los dos años y medio de Maestría.

Y a todos mis compañeros de Maestría, muchos de ellos convertidos en grandes amigos, que tornaron más amenas tantas horas de cursada. Amigos con los que compartí horas de estudio e infinitos momentos de diversión; Rodrigo Baez Castro, Fernanda Bonesso, Javier Calvo, Miguel Cando Macas, Ana Caranqui, Matías Cartier, Gisela Coria, Yennifer Feo Cediell, Lina García Borda, Mary Geliz Cantilo, Jhonattan Hormaza, Axana Jaramillo Avila, Diego Joannas, Lourdes Lopez, Rosana Mac Lean, Gladys Mamani, Guadalupe Martin, Lucas Martin, Marcos Mendoza, Adriana Munevar, Ximena Nazar, Oscar Quintero, Cristian Penagos, Marisol Pérez Abad, Federico Porcelli, Bruno Pose, Felicitas Orsatti, Geimy Salamanca, Diego Sanchez Zapata, Mauro Speranza y Herminio Suazo.

## Índice

Agradecimiento .....	2
1 Introducción .....	5
2 Modelos de estrés para riesgo de crédito .....	8
2.1 Marco normativo.....	8
2.2 Modelo macroeconómico.....	9
2.3 Modelo satélite.....	14
2.4 Generación de escenarios.....	17
2.5 Modelo de vectores autorregresivos (VAR) .....	18
2.5.1 Definición del modelo VAR.....	18
2.5.2 Estimación del modelo VAR.....	22
2.5.3 Productos del modelo VAR.....	27
2.5.3.1 Función de impulso respuesta .....	27
2.5.3.2 Descomposición de la varianza .....	28
2.5.3.3 Causalidad de Granger .....	31
3 Modelo de vectores autorregresivos para la Argentina (1997-2014).....	32
3.1 Definición del VAR para la Argentina .....	32
3.2 Estimación del VAR para la Argentina .....	36
3.3 Productos del VAR para la Argentina .....	38
3.3.1 Funciones de impulso respuesta .....	38
3.3.2 Descomposición de la varianza .....	41
3.3.3 Causalidad de Granger.....	42
4 Modelo satélite y generación de escenarios de estrés .....	44
4.1 Modelo satélite.....	44
4.1.1 Morosidad en la Argentina (1997-2014) .....	44
4.1.2 Elección de las variables del modelo satélite .....	46
4.2 Generación de escenarios de estrés y medición de suficiencia de capital .....	48
5 Conclusiones .....	53

6	Referencias bibliográficas .....	56
7	Anexo .....	59
7.1	Funciones impulso respuesta ortogonalizadas .....	59
7.2	Funciones impulso respuesta ortogonalizadas acumuladas .....	62
7.3	Descomposición de la varianza.....	65

# 1 Introducción

La normativa contenida en Basilea II, surgida como respuesta a la crisis financiera internacional de 2008, modificó sustancialmente la gestión de riesgos. Las entidades financieras pasan a ser responsables de desarrollar un proceso integral de gestión del riesgo, dependiente de su perfil de riesgos, que contenga entre las herramientas de análisis las pruebas de estrés. La Argentina, como país miembro del G20, modificó su regulación bancaria, siendo la Comunicación A 5398 llamada Lineamiento para la Gestión de Riesgos en Entidades Financieras, sancionada por el Banco Central de la República Argentina (BCRA, 2013), una de las normas centrales inspiradas bajo el nuevo paradigma. Contiene entre sus exigencias la realización de pruebas de estrés para escenarios “severamente adversos pero posibles”. En consecuencia, una problemática a resolver es cómo lograr una conveniente modelización de los escenarios, adoptando una metodología que resulte consistente en términos macroeconómicos para realizar el ejercicio de pruebas de estrés. La presente investigación tiene como objetivo principal la realización de una prueba de estrés por riesgo de crédito bajo escenarios macroeconómicos diseñados para la Argentina (1997-2014) a partir de un modelo de vectores autorregresivos.

Resulta pertinente el abordaje de la temática como tesis de la Maestría en Gestión Económica y Financiera de Riesgos, dada la creciente importancia que vienen teniendo las pruebas de estrés como parte de la gestión del riesgo en entidades financieras. En la materia Riesgo de Crédito hemos estudiado las principales herramientas de medición de los riesgos financieros y el marco normativo subyacente vigente en la Argentina. A su vez, el enfoque macroeconómico lo profundizamos en Macroeconomía y Economía Monetaria y Financiera, y la técnica metodológica que se buscará implementar en Econometría Financiera.

La problemática de cómo modelizar variables macroeconómicas fue abordada desde diversos enfoques econométricos desde la década del 70. Una de las dimensiones a considerar que ayuda a elegir el más conveniente, independientemente del estado del arte que privilegia un enfoque sobre los demás, es pensar en cuál es la motivación del estudio a realizar. No es el mismo el análisis que busca un hacedor de política económica, a la perseguida por un profesional dedicado a seguir la evolución de un sector específico de la economía, a la que se realiza en un banco para medir el impacto que tendría una perturbación macroeconómica sobre los estados contables de la entidad.

El análisis que se requiere hacer desde una entidad financiera debe necesariamente incluir aquellas variables reales que podrían impactar sobre sus estados contables como el PIB, u otros indicadores de actividad económica, y el nivel de precios. Además, debe considerar necesariamente las variables financieras relevantes como los depósitos, los préstamos, el tipo de cambio y las tasas de interés. Pensar en ello permite ir delineando cual es el tipo de modelo más apropiado. Asimismo, da cuenta de que el foco no debería estar centrado en la modelización de una gran cantidad de variables reales, ni de sectores de la economía, como proponen los modelos de equilibrio general.

Al mismo tiempo, otra dimensión a considerar es pensar cual es el país y momento histórico para el que se requiere el análisis, ya que no es lo mismo modelizar para economías desarrolladas con pocas y débiles perturbaciones y sin cambios estructurales notorios, a modelizar, por ejemplo, para la Argentina, economía caracterizada por perturbaciones fuertes, y con permanentes cambios en la metodología de medición de las variables que dificultan aún más el estudio.

Las pruebas de estrés contienen cuatro etapas, siendo la primera el diseño del escenario. La segunda, la generación de modelos satélite, aquellos que vinculan la dinámica de las variables macro con la hoja de balance de las entidades. La tercera, el análisis de la hoja de balance; evaluar el impacto del resultado del modelo satélite en los estados patrimoniales de la entidad financiera. Y la cuarta, la retroalimentación o *feedback*, efectos de primera y segunda ronda que generan las posibles debilidades de las entidades en el conjunto de la economía (Henry & Kok, 2013). El presente trabajo abarca las primeras tres etapas.

La hipótesis general del trabajo es que la utilización de un modelo de vectores autoregresivos resulta más eficiente como herramienta de diseño de los escenarios tensionados, que serán utilizados para evaluar las necesidades de capital de entidades financieras para afrontar las pérdidas por riesgo de crédito, que surgen de la realización de pruebas de estrés. La unidad de análisis será el proceso de generación de escenarios macroeconómicos para la realización de pruebas de estrés en entidades financieras. El trabajo de investigación tendrá un diseño correlacional, dado que buscará indagar sobre la relación entre variables en un momento dado, sin precisar necesariamente el sentido de la causalidad entre las mismas (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006).

A la luz de lo anterior, la presente tesis se divide en 3 partes. A continuación, en el Capítulo 2 se describirán las tres etapas principales del proceso de pruebas de estrés: el modelo macroeconómico, el modelo satélite y la generación de escenarios. Se relevará el marco

teórico, revisitando los modelos construidos a nivel internacional y nacional para la elaboración de cada una de las etapas descriptas. Además, se describirá la metodología econométrica de los modelos de vectores autorregresivos. En el Capítulo 3 se diseñará un modelo macroeconómico para la Argentina que permita medir el impacto de diferentes perturbaciones macroeconómicas. Se expondrán los principales resultados obtenidos, sus fortalezas y debilidades. En el Capítulo 4 se diseñará el modelo satélite y los escenarios estresados. A partir de ellos se realizará una prueba de suficiencia de capital para afrontar eventos de riesgo de crédito. Finalmente, en el Capítulo 5 se exponen las principales conclusiones y recomendaciones surgidas de la investigación.

## 2 Modelos de estrés para riesgo de crédito

Como parte del marco teórico en primer lugar se comentará la norma que instauró las pruebas de estrés en la Argentina (BCRA, 2013). Seguidamente, se describirán las sucesivas etapas en que se divide el experimento a realizar; la medición del riesgo de crédito en función de la evolución del ciclo macroeconómico (Foglia, 2009) (Willem van den End, Hoerberisbts, & Tabbae, 2006). La primera etapa es la construcción del modelo macroeconómico, simulación de la dinámica de un conjunto de variables de la economía frente a lo ocurrencia de perturbaciones. La segunda es el modelo satélite, que vincula la variable que mide el riesgo de crédito en las entidades financieras con el entorno generado por el modelo macro. Y finalmente, la tercera etapa es el proceso de generación de escenarios macroeconómicos severamente adversos pero posibles, a los que se pondrá a prueba la calidad de la cartera.

### 2.1 Marco normativo

La Comunicación A 5398 del BCRA cuenta con 11 secciones. La primera describe en forma general el proceso de gestión de riesgos en las entidades. De la sección 2 a la 10 se describen los nueve riesgos existentes: crédito, liquidez, mercado, tasa de interés, operacional, titulación, concentración, reputacional y estratégico. En cada sección se define el riesgo a considerar, se enuncian las responsabilidades que deben cumplir tanto el Directorio como la Alta Gerencia de la entidad, se detalla el proceso de gestión de Riesgo y se mencionan las medidas de transparencia a aplicar.

La sección 11 está dedicada a la realización de pruebas de estrés. Las define como “la evaluación de la posición financiera de una entidad en un escenario severamente adverso pero posibles”, incorpora el concepto de escenario. En 11,1 menciona entre los roles asignados a las pruebas de estrés, “brindar una evaluación prospectiva del riesgo” y “superar las limitaciones de los modelos y datos históricos”. También se afirma la necesidad de aplicar un criterio de proporcionalidad, es decir, que las pruebas de estrés es un requisito que no se debe aplicar en forma homogénea a todas las entidades, sino que variará en función de “la dimensión de la entidad, la naturaleza y complejidad de sus operaciones y su exposición al riesgo e importancia sistémica”.

En cuanto a las responsabilidades, se enuncia que “el Directorio es el responsable del programa de las Pruebas de Estrés, mientras que la Alta Gerencia es responsable de su

implementación, administración y supervisión”. En consecuencia, la Alta Gerencia debe participar en “la identificación de potenciales escenarios de estrés”. Para ello deben considerarse “una cantidad adecuada de escenarios relevantes para la entidad, documentados y suficientemente severos”.

En cuanto a la diversidad de herramientas que se enmarcan dentro de las pruebas de estrés, se menciona “deben abarcar desde análisis de sensibilidad simples, a partir de la variación de un factor de riesgo particular, a ejercicios más complejos que revalúen las carteras considerando la interacción de los factores de riesgo condicional al evento de estrés”

Respecto a la documentación, se aclara que debe contener “los detalles metodológicos de cada elemento que las conforman, incluyendo las metodologías usadas en la definición de los escenarios relevantes y el grado de incidencia de la opinión de los expertos” Luego, se vuelve a recalcar que “las entidades deberán tener a disposición de la Superintendencia de Entidades Financieras y Cambiarias una descripción de la metodología que usan para la identificación y desarrollo de los escenarios”. Asimismo, deben documentarse “los supuestos y datos de base utilizados, incluyendo el razonamiento y las opiniones que subyacen a los escenarios elegidos y la sensibilidad de los resultados a la variedad de los escenarios así como la evaluación de los supuestos más importantes y los resultados – en forma regular o frente a cambios en las condiciones externas”. También la documentación debe incluir un análisis cualitativo sobre los supuestos utilizados

## 2.2 Modelo macroeconómico

Tres técnicas de elaboración suelen utilizarse para modelar la macroeconomía, los modelos estructurales, los modelos de estadística pura y los modelos de vectores autorregresivos (VAR). Los modelos estructurales son los de mayor complejidad, ya que suelen describir el comportamiento de una gran cantidad de agentes económicos: familias, empresas, gobierno, sector financiero. Suponen que los agentes toman sus decisiones en forma individual, maximizando sus funciones de utilidad o beneficios. Interactúan entre sí a través de mercados. Son modelos que tienen una gran cantidad de parámetros de comportamiento y tecnológicos y son utilizados generalmente para el análisis del impacto de políticas económicas (Cicowiez & Di Grecia, 2004).

Un ejemplo para la Argentina de modelo estructural es el ARGEM (Escude, 2008). Plantea un primer modelo, denominado MEP 1, que consta de cuatro ecuaciones que describen: la

dinámica de la inflación, la dinámica de la brecha del producto, la paridad no cubierta de tasa de interés y el accionar de la política monetaria. Sirve para una economía que tenga un esquema de metas de inflación, ya sea implícito o explícito, y tipo de cambio flotante (podría adaptarse a tipo de cambio fijo). Las variables endógenas del modelo son la tasa de inflación doméstica (tanto trimestral como interanual), la brecha del producto, el tipo de cambio real multilateral, el tipo de cambio bilateral con el dólar, y la tasa de interés real. Las variables exógenas son la tasa de interés real de EEUU, la prima de riesgo, la tasa de inflación multilateral, la tasa de inflación de EEUU, la tasa de apreciación nominal del tipo de cambio respecto a una canasta (dólar, real y euro), el objetivo anual de inflación y el crecimiento de largo plazo.

Existe una segunda versión del modelo, llamado MEP 2, que considera que el Banco Central interviene no solo en el mercado de dinero sino también en el de divisas, lo que torna necesario incorporar una ecuación que describa el balance del Banco Central y otra el mercado de dinero. Contiene 10 ecuaciones, siendo las variables endógenas las 6 del MEP 1 más la tasa nominal del tipo de cambio con EEUU, la base monetaria, las reservas internacionales y el stock de títulos del BCRA. Las variables exógenas son las mismas 6 que para el MEP 1.

Los modelos de estadística pura vinculan las variables macroeconómicas y financieras mediante análisis de copulas. Es una metodología desarrollada en los últimos años y que viene despertando un creciente interés. Fue implementada, por ejemplo, en la serie de documentos denominados Systemic Risk Monitor elaborados por el Banco Central de Austria (Oesterreichische Nationalbank, 2006).

Los modelos de vectores autorregresivos implican la utilización de metodologías más flexibles y sencillas de estimar, ya que no explican aspectos estructurales de la economía. Muchos son los modelos que se han realizado siguiendo esta metodología en los últimos años y sobre ellos se inspira el presente trabajo.

A diferencia de los modelos de ecuaciones simultáneas, hay una menor utilización de la teoría económica para sustentar la vinculación entre las variables a utilizar. Como los VAR se focalizan en el análisis dinámico no es sencillo sacar conclusiones sobre la dirección de la causalidad de una variable hacia la otra y, en consecuencia, sobre la diferenciación entre variables endógenas y exógenas. Por ello la metodología considera al conjunto de variables como endógenas, es decir, se determinan simultáneamente. Ello permite que los modelos

sean útiles herramientas para estudiar comportamientos dinámicos y para hacer predicción (Gujarati, 1995).

Asimismo, el citado autor sostiene entre las desventajas del VAR, que al ser usualmente armado con muchas variables y rezagos, si la muestra es pequeña el costo en términos de grados de libertad es grande. Las variables endógenas debieran ser conjuntamente estacionarias, lo que no suele ocurrir. Además, las funciones de impulso respuesta, uno de los productos más usados del VAR, no está exenta de críticas.

Para la Argentina se han estructurado modelos VAR con el fin de simular escenarios para pruebas de estrés. Gutierrez Giraut estructuró un VAR con series de tiempo mensuales para el período 1997-2008 (Gutiérrez Giraut, 2008).

$$z_t = A_1 z_{t-1} + A_2 z_{t-2} + \dots + A_p z_{t-p} + W \delta_t + \epsilon_t \quad (2.1)$$

Donde las variables endógenas contenidas en  $z_t$  son el crecimiento del PIB y la tasa de interés. El vector de variables exógenas  $\delta_t$  incluye el EMBI+, la tasa de interés de los Estados Unidos y un índice de precios de commodities.  $A_1, A_2, \dots, A_p, \dots, W_t$  son las matrices de coeficientes a estimar, y  $\epsilon_t$  es el vector de errores ruido blanco.

También se diseñó un VAR como parte de las pruebas de estrés que realiza el Fondo Monetario Internacional al país (FMI, 2013). Considera series trimestrales para el período 1993-2012 siendo el modelo,

$$B_0 y_t = k + B_1 y_{t-1} + \dots + B_p y_{t-p} + u_t \quad (2.2)$$

Donde  $y_t$  es el vector de variables endógenas que contiene el crecimiento económico de Brasil y los Estados Unidos, el índice VIX de los Estados Unidos, la tasa de interés de los Estados Unidos, la tasa de interés interna y el tipo de cambio efectivo nominal. La letra  $k$  representa un vector de constantes,  $B$  una matriz  $n \times n$  de coeficientes y  $u_t$  el vector de shocks estructurales que es ruido blanco. Las variables fueron ordenadas de la más exógena siendo la última la más endógena. Los supuestos asociados al modelo son que el crecimiento de los socios comerciales es exógeno a todas las demás variables del sistema. Los shocks de aversión al riesgo global responden a shocks de crecimientos de los socios. La tasa de los Estados Unidos responde al PIB de los Estados Unidos. Los shocks de términos de

intercambio responden de forma contemporánea al crecimiento de los socios comerciales, la inflación interna responde de manera contemporánea a los términos de intercambio y a la actividad interna y la actividad interna responde a la actividad de los socios comerciales. Además, la tasa de interés reacciona a la incertidumbre global, a la tasa de interés extranjera, a la inflación y a la actividad interna, y el tipo de cambio efectivo nominal reacciona a todas las variables.

Entre los VAR pensados no específicamente para ser usados en pruebas de estrés, también diseñados en el marco del BCRA, se realizó uno con el objetivo de comparar la robustez de las proyecciones de corto y mediano plazo que de él surgen, con las producidas por los modelos ARIMA (McCandless, Gabrielli, & Murphy, 2001). Realizan una primera especificación del VAR donde incluyen como variables endógenas el PIB, las importaciones y la inversión bruta y una segunda donde adicionan a las anteriores el índice MERVAL. El modelo fue estimado para series trimestrales en primeras diferencias logarítmicas. Estiman las funciones de impulso respuesta y realizan predicciones, concluyendo que si bien hay una relativa mayor eficiencia de los ARIMA respecto a los VAR, no se puede afirmar con certeza que clase de modelo minimiza el error de predicción, ello dependerá de la forma en que este sea medido y de la variable a predecir.

Otro de los VAR estudiado buscaba medir la contribución del gasto público primario sobre el nivel de actividad (Feldem & Trajtenberg, 2012) . Con series de tiempo mensuales para el período 1999-2011, las variables endógenas incluidas fueron el gasto público primario, la tasa de variación del nivel de actividad, la tasa de inflación, la recaudación tributaria y la variación anual del agregado monetario M2. Asimismo, se incluyeron como variables exógenas el tipo de cambio nominal y la inflación importada (alimentos). Como producto del VAR surgen las funciones impulso respuesta ortogonalizadas, tras la implementación de la descomposición de Cholesky, metodología que será descrita en la sección 2.2. Además, se obtienen la descomposición de la varianza del error. Ambos elementos permiten identificar la forma en que un shock exógeno sobre el gasto público afecta el nivel de actividad y la dinámica de precios.

Un supuesto asociado que permite la identificación de los estimadores es que un shock asociado a la tasa del nivel de actividad no tiene efecto inmediato sobre la tasa de variación del gasto público. Además, un shock asociado a la tasa de inflación no tiene ningún efecto inmediato sobre el nivel de actividad y el gasto público. Un shock sobre la recaudación tributaria no tiene efecto inmediato sobre la inflación, el nivel de actividad y el gasto público.

Y finalmente un shock sobre el M2 no tiene efecto inmediato en las demás variables endógenas.

Ya a nivel internacional, en Brasil se realizó un VAR para el período 2001-2009 con datos trimestrales, (Vazquez, Tabak, & Souto, 2012). Incluyeron como variables endógenas el crecimiento del PIB, calculado como la primera diferencia del logaritmo natural del PIB desestacionalizado, el crecimiento del crédito calculado como la primera diferencia del logaritmo natural del crédito desestacionalizado y la tasa de interés, calculada como la diferencia entre la Selic y la tasa de interés de largo plazo, Además, se incluyó una variable *dummy* para medir el impacto de la crisis financiera mundial, que tomó el valor 1 para los trimestres 2008:4 y 2009:1 y 0 para el resto de la serie.

Para Japón se estimó un VAR siendo las variables el PIB, inflación, tipo de cambio efectivo, créditos y la tasa interbancaria (Bank of Japan, 2012). Para Gran Bretaña las variables endógenas del VAR fueron la brecha del PIB, la tasa de interés nominal, la inflación y el tipo de cambio real (Hoggarth, Sorensen, & Zicchino, 2005). Para Canadá el VAR explicaba el PIB y la tasa de interés, siendo las variables exógenas el índice de precios de commodities, el PIB de Estados Unidos y la tasa de interés de los Estados Unidos (Misina, Tessier, & Shubhasis, 2006)

También, si bien no llega a ser un modelo VAR, es relevante el análisis que se hizo para la Argentina de identificación de los *fundamentals* que repercuten en el sistema financiero (Loser, Mermelstein, & Kiguel, 2010). Constituye un útil esquema que permite detectar de donde provendrían los posibles desequilibrios y en que variables se verían reflejadas. Ello sirve de ayuda a la hora de la elección de las variables del VAR. Mencionan el desequilibrio de cuenta corriente, que puede derivar en un incremento del endeudamiento externo para cubrir el déficit, además, de aumentar la probabilidad de una corrección cambiaria. Variables a través de las que se puede medir son el cociente del saldo de cuenta corriente sobre el PIB, los términos de intercambio, la composición y *maturity* de los ingresos de capitales, la evolución de las reservas internacionales y el tipo de cambio real, Un segundo *fundamental* es la exposición del sistema financiero al sector público, dado que si el Estado no consigue fondearse en el mercado de capitales debe acudir al sistema bancario en busca de liquidez. Variables que lo miden son el cociente de deuda/reservas, la composición de deuda por moneda, el cociente de deuda sobre exportaciones, el cociente entre deuda de corto plazo y reservas, el cociente entre deuda y saldo de cuenta corriente, la volatilidad en las tasas de

interés, el cociente entre el resultado fiscal y el producto y la tasa de interés real internacional.

Un tercer *fundamental* es el déficit fiscal, cuya variable de medición es la relación resultado fiscal/PIB. La presencia de *sudden stops* también afecta al sistema bancario por medio de la tasa de interés internacional. El sexto *fundamental* es la inflación. Luego, también pueden afectar los balances las burbujas financieras, mensurables a través del precio de los activos, de los precios de las viviendas, de la relación crédito doméstico/PIB y de M2/reservas. Y finalmente, también impacta la depresión económica que puede mensurarse a través del PIB, de la brecha del producto o de la recesión que se observe en alguna actividad económica específica.

Asimismo, los autores mencionan que no es necesario observarse un deterioro en los *fundamentals* para que se produzca un evento de estrés, ya que hay variables que su solo movimiento cuando es abrupto puede generar un escenario adverso. Ello ocurre sobre el riesgo de crédito a través de la tasa de desempleo, de un default del sector público o del precio de los activos. Y de igual forma hay desencadenantes que impacta rápidamente sobre el riesgo de liquidez y mercado. En el citado trabajo, las variables que utilizan para describir el escenario macroeconómico de la Argentina son, el tipo de cambio nominal, la expectativa de devaluación implícita en el mercado de futuros, el EMBI+, la relación deuda/PIB y la tasa de crecimiento anual del PIB. A partir del mencionado conjunto de variables arman los escenarios de estrés otorgando valores a las distintas variables.

.

### 2.3 Modelo satélite

Los modelos satélite poseen una variable dependiente, aquella a través de la que se mide el riesgo de crédito, y un conjunto de variables independientes, entre las que están las variables macro estimadas mediante el modelo macroeconómico. Según cual sea la variable dependiente seleccionada se distinguen dos tipos de modelos (Cihák, 2007). Los basados en la calidad del crédito, sobre los que se centra el presente trabajo, y los basados en prestamistas individuales. Dentro del primer grupo de modelos la variable dependiente puede definirse como la proporción de créditos en situación irregular, el ratio de provisiones sobre la cartera total o irregular o la distribución histórica de frecuencias de default. Dependiendo de la disponibilidad de datos los modelos pueden ser usados para la evaluación del sistema en su conjunto o de entidades por separado. De ser así pueden incorporarse un

conjunto de variables propias para cada entidad, que suelen ser alguna de las cuentas contables del balance (heterogeneidad observable), En caso de realizarse análisis para cada entidad es común que se trabaje con estructuras de datos de panel.

Entre los modelos realizados para la Argentina, se ha considerado como variable dependiente la transformación logarítmica del ratio de provisiones sobre el total de financiaciones (Gutiérrez Giraut, 2008). Construye un modelo satélite para la totalidad de las entidades, con estructura de datos de panel, siendo la ecuación:

$$y_{it} = \rho y_{it-1} + a_i + x_{it}\beta + z_t\omega + \epsilon_{it} \quad (2.3)$$

Donde  $y_{it}$  es el ratio provisiones / crédito al sector privado para el banco  $i$  en el período  $t$ .,  $a_i$  es la heterogeneidad inobservable del banco  $i$ , invariante en el tiempo,  $x_{it}$  es la heterogeneidad observable, contiene variables específicas de cada banco  $i$ ,  $z_t$  es el conjunto de variables macroeconómicas (crecimiento del PIB, lag de tasa de interés e interacción lag tasa de interés y crecimiento PIB) y  $\epsilon_{it}$  es la perturbación propio de cada banco  $i$  para el momento  $t$ . Adicionalmente, también el autor realiza la estimación de la regresión agregando del lado derecho de la ecuación la variable dependiente rezagada en un período.

Por su parte, el modelo satélite del FMI ya comentado, toma datos para 191 entidades de la Argentina, con series anuales para el período 1994-2011, siendo la ecuación del modelo:

$$LLR_{it} = \mu_i + a_1 LLR_{i,t-1} + \beta_1 g_t + \beta_2 (g_t)^2 + \gamma_1 rr_t + \gamma_2 \pi_t + \delta_1 CR_{i,t-1} + \delta_2 (CR_{i,t-1})^2 + \delta_3 (CR_{i,t-1})^3 + \epsilon_{i,t}^j \quad (2.4)$$

Donde  $i$  representa cada entidad bancaria y  $t$  el periodo. A su vez LLR es la transformación logarítmica de la tasa de pérdida por riesgo de crédito

$$LLR = \ln \left( \frac{\text{tasa de pérdida por riesgo de crédito}}{1 - \text{tasa de pérdida por riesgo de crédito}} \right) \quad (2.5)$$

Siendo la tasa de pérdida por riesgo de crédito igual al cociente del flujo de provisiones por pérdida por riesgo de crédito neto de montos recuperados dividido por el stock de préstamos. A su vez  $g$  es el crecimiento del PIB real,  $rr$  es la tasa de interés real que se define como la

tasa de adelantos menos la inflación.  $\pi$  es la tasa de inflación (utilizan el índice de precios implícitos del PIB),  $CR$  es el cociente capital/activos variables y  $\mu$  es el efecto propio de cada entidad.

También es posible distinguir en los modelos satélite entre los efectos que tienen las variables macro sobre las dependientes en el corto y el largo plazo (Loser, Mermelstein, & Kiguel, 2010). Utilizan tres variables dependientes. El ratio de cartera irregular, que depende en el corto plazo negativamente del crecimiento del PIB y positivamente de la expectativa de tipo de cambio futuro. La tasa de interés de cancelaciones de los préstamos (*write-off rate*), que definen como el producto entre la probabilidad de default (PD) y la pérdida por default (*loss given default rate* - LGDR). Depende en el corto plazo positivamente de cambios en las tasas de interés y negativamente del crecimiento del PIB y del tipo de cambio spot, mientras en el largo plazo depende negativamente de cambios paralelos de la tasa de interés y del EMBI+. Y la tercera variable es la exposición al sector público, medida como el cociente entre activos del sector público y total de activos de la entidad. Depende en el corto plazo negativamente de cambios paralelos en la tasa de interés, EMBI+, depósitos del sector privado y tipo de cambio spot y futuro, y positivamente del gasto público. En el largo plazo depende de las mismas variables con excepción del tipo de cambio spot y adicionando el ratio deuda/PIB.

A nivel internacional se ha revisado un modelo para datos del Banco de Italia para el periodo 1985-2002 (Quagliariello, 2004). Considera dos variables dependientes provisiones y morosidad, ambas medidas sobre el total de cartera. Las variables independientes usadas son el PIB, la tasa de interés de largo plazo, índices de mercado bursátil italiano, flujo de créditos suspendidos (*Non Performing Loan* NPL's) y rentabilidad bancaria (ROA). Para la estimación utilizan un modelo econométrico con la metodología GARCH.

Por su parte, para Hong Kong se realizó un modelo que correlaciona la tasa de default de los préstamos con el PIB de Hong Kong, tasas de interés, precios de inmuebles y PIB de China (Wong, Choi, & Fong, 2006). Para Austria otra investigación incorporó como regresor el contagio entre entidades (Hilbers, Jones, & Slack, 2004). Para Chile se desarrolló un modelo que mide también el gasto en provisiones respecto al total de la cartera, pero siendo las variables independientes el desempleo, la tasa de interés y el tipo de cambio real (Budnevich Le Fort & Huerta Vial, 2006).

Debe resaltarse que en general los modelos de riesgo de crédito no miden el efecto de retroalimentación, es decir, el impacto de las variables bancarias en el ciclo económico; la

cuarta etapa del proceso de pruebas de estrés según la numeración mencionada en la Introducción. En el caso de la Argentina, para el período 2003-2014, se considera que su omisión no resulta de gravedad, por el bajo nivel existente de intermediación financiera, observable analizando los ratios depósitos/PIB y crédito/PIB.

#### 2.4 Generación de escenarios

Con la generación de escenarios se busca simular el comportamiento de las pérdidas bancarias frente a escenarios adversos pero posibles. Ellos pueden ser deterministas o estocásticos.

Un trabajo desarrollado dentro del Banco Central generó ambos tipos de escenarios (Gutiérrez Giraut, 2008). El determinista replica los eventos de riesgo acontecidos durante la crisis del tequila y la crisis de 2001. Con el modelo VAR macroeconómico se proyecta la evolución del PIB y la tasa de interés, y luego utilizando el modelo microeconómico se estiman las pérdidas de capital de los bancos. Para realizar las estimaciones del modelo microeconómico se utilizaron distintas metodologías de datos de panel. Con ellos se calculan las pérdidas de capital que sucederían sin ocurrieran pérdidas que tuvieran la intensidad de los eventos históricos. Las necesidades de capital para afrontar pérdidas se calculan como la diferencia en el ratio de provisiones / créditos del escenario estresado respecto al mismo ratio del escenario base.

El citado trabajo realiza dos ejercicios de análisis estocástico. Primero emplea un enfoque no paramétrico para estimar la distribución del ratio provisiones/créditos, a partir de suponer una distribución conjunta de los factores de riesgo a la que se llega con un *bootstrapping* con simulación de Monte Carlo. La distribución alcanzada de las proyecciones del PIB y la tasa de interés se utiliza para estimar la distribución del ratio provisiones/créditos sobre la que después se calcula el valor a riesgo. El segundo enfoque estocástico supone la ocurrencia de los factores de riesgo con una distribución normal multivariada. Las pérdidas inesperadas con un 99,9% de confianza se calculan como el percentil 99,9 de la distribución simulada neta de las provisiones.

La alternativa a generar un VAR es diseñar escenarios otorgando valores a las diferentes variables confiando en el juicio de experto. En el marco del FMI se crearon escenarios adversos para el PIB usando como unidad de medida la cantidad de desvíos estándar que presenta respecto a la serie histórica (FMI, 2013). Considerando la serie 2001-2012, una

variación de un desvío estándar del crecimiento del PIB real equivale a 6,6 puntos porcentuales. Elaboran un escenario adverso construido a partir de las proyecciones base elaboradas por el BCRA, que presenta una caída de 1,7 desvíos estándar para la suma de los dos años para los que se realiza el ejercicio, 2013 y 2014. Luego arman dos escenarios más, uno en forma de “V” y otro en forma de “U”, ambos con caídas del PIB acumuladas para el bienio de 2 desvíos estándar. Adicionalmente, completan el escenario asignando valores para el crecimiento del deflactor del PIB, la tasa de desempleo, el tipo de cambio nominal, y la tasa de interés nominal anual.

También apelando al juicio de experto, se diseñaron para la Argentina escenarios siendo diciembre de 2008 el punto de partida y con un horizonte de tres años (Loser, Mermelstein, & Kiguel, 2010). El primer escenario contiene una devaluación del 40% interanual para el primer año y del 12,5% para el segundo, un corrimiento paralelo de la curva de tasa de interés de 500 puntos básicos para el primer trimestre y una contracción del PIB del 5% en los dos primeros años y de 0% en el tercer año. El segundo escenario es similar al primero pero se le adiciona una caída del 25% en los depósitos para el primer año y un crecimiento nulo (0%) en el segundo. El tercer escenario es similar al segundo pero con corrimiento de la curva de tasas de 1000 puntos básicos.

## 2.5 Modelo de vectores autorregresivos (VAR)

### 2.5.1 Definición del modelo VAR

Un modelo de vectores autorregresivos (VAR) es un sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas cuya estimación puede realizarse por mínimos cuadrados clásicos (MCC). Mientras los sistemas univariados contienen una única variable respuesta, que en el caso de ser autorregresiva tiene un comportamiento que se explica a partir de su historia agregada, los procedimientos multivariados son un sistema de  $k$  ecuaciones que contienen  $k$  variables respuesta. Cada ecuación comprende el mismo conjunto de información, es decir, el conjunto de  $k$  variables endógenas y el conjunto de las variables exógenas. Siguiendo la metodología propuesta por Enders (Enders, 2015), un sistema VAR de dos ecuaciones endógenas tiene la forma:

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \epsilon_{yt} \quad (2.6)$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \epsilon_{zt} \quad (2.7)$$

Donde  $y_t$  y  $z_t$  son las variables endógenas. Las mismas deben ser estacionarias, es decir, deben tener media y varianza constante y función de autocorrelación finita. Las perturbaciones  $\epsilon_y$  y  $\epsilon_z$  deben ser ruido blanco, procesos con media cero, desvío estándar constante ( $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ ) y sin autocorrelación.

Los parámetros reflejan la vinculación entre las variables endógenas, siendo, por ejemplo,  $-b_{12}$  el efecto contemporáneo de un cambio en una unidad en  $z_t$  sobre  $y_t$ , o  $\gamma_{12}$  el efecto de un cambio en una unidad en  $z_{t-1}$  sobre  $y_t$ . Asimismo, la condición  $-b_{21} \neq 0$  implica  $e_{yt}$  tiene efecto indirecto sobre  $z_t$  y de igual forma  $-b_{12} \neq 0$  implica que  $e_{zt}$  tiene efecto indirecto sobre  $y_t$ .

Debido a la existencia de simultaneidad entre  $y_t$  y  $z_t$  y dado que existe correlación entre  $y_t$  y  $\epsilon_{zt}$  (y entre  $z_t$  y  $\epsilon_t$ ), incumpliendo el supuesto de exogeneidad de los regresores, no es posible estimar por mínimos cuadrados clásicos cada ecuación por separado, sino que deben estimarse los parámetros del sistema en forma conjunta. Para ello es necesario expresar el sistema en su forma reducida. Partiendo del sistema estructural o primitivo escrito en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{yt} \\ \epsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

$$x_t B = \pi_0 + \pi_1 x_{t-1} + e_t \quad (2.9)$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} \quad \pi_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} \quad \pi_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \quad e_t = \begin{bmatrix} \epsilon_{yt} \\ \epsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Multiplicando por  $B^{-1}$ , se llega a la forma reducida:

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t \quad (2.10)$$

$$A_0 = B^{-1}\pi_0 \quad A_1 = B^{-1}\pi_1 \quad e_t = B^{-1}\epsilon_t$$

Que escrito en forma vectorial es:

$$y_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad (2.11)$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad (2.12)$$

Las perturbaciones del sistema reducido están impactadas por los errores de las dos ecuaciones del sistema primitivo.

$$e_{1t} = \frac{\epsilon_{yt} - b_{12}\epsilon_{zt}}{1 - b_{12}b_{21}} \quad (2.13)$$

$$e_{2t} = \frac{\epsilon_{zt} - b_{21}\epsilon_{yt}}{1 - b_{12}b_{21}} \quad (2.14)$$

Ambos son procesos estacionarios, por cumplir las propiedades de la definición de ruido blanco.

a) Tienen media cero:

$$Ee_{1t} = E \left[ \frac{(\epsilon_{yt} - b_{12}\epsilon_{zt})}{(1 - b_{12}b_{21})} \right] = 0 \quad (2.15)$$

b) Tienen varianza constante:

$$Ee_{1t}^2 = E \left[ \frac{(\epsilon_{yt} - b_{12}\epsilon_{zt})^2}{(1 - b_{12}b_{21})^2} \right] = \frac{(\sigma_y^2 + b_{12}^2\sigma_z^2)}{(1 - b_{12}b_{21})^2} \quad (2.16)$$

c) La autocovarianza es independiente del tiempo, igual a cero:

$$E e_{1t} e_{1t-1} = E \left[ \frac{(\epsilon_{yt} - b_{12} \epsilon_{zt})(\epsilon_{yt-1} - b_{12} \epsilon_{zt-1})}{(1 - b_{12} b_{21})^2} \right] = 0 \text{ para } i \neq 0 \quad (2.17)$$

Contrariamente, la covarianza entre  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$  no necesariamente va a ser igual a cero:

$$E e_{1t} e_{2t} = \left[ \frac{(\epsilon_{yt} - b_{12} \epsilon_{zt})(\epsilon_{zt} - b_{21} \epsilon_{yt})}{(1 - b_{12} b_{21})^2} \right] = - \frac{(b_{21} \sigma_y^2 - b_{12} \sigma_z^2)}{(1 - b_{12} b_{21})^2} \quad (2.18)$$

Por consiguiente se define la matriz de varianzas y covarianzas como:

$$Var \text{ Cov} = \begin{bmatrix} var(e_{1t}) & cov(e_{1t}, e_{2t}) \\ cov(e_{1t}, e_{2t}) & var(e_{2t}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

La especificación del VAR, implica la elección de la cantidad de parámetros que acompañarán a la estructura autorregresiva. Ello lleva a tener que seleccionar el número de rezagos a incluir en cada ecuación. Los estimadores de MCC serán eficientes si cada ecuación tiene igual cantidad de rezagos, es decir, si el modelo es simétrico. Si el modelo se estima con menor cantidad de parámetros a los adecuados, habrá problemas de subparametrización, mientras que si se agregan parámetros de más se pierden grados de libertad y se corre el riesgo de que la dinámica del modelo termine siendo explicada solo por la componente autorregresiva, quedando excluidas las variables exógenas.

Se suelen realizar varias pruebas para determinar la cantidad de rezagos a incluir. Dos criterios usuales son el de información de Akaike (AIC) y el Bayesiano (SBC), debiendo seleccionar el analista el número de rezagos que minimiza cada criterio de información (Lutkepohl, 2005):

$$AIC = -2 \left( \frac{LL}{T} \right) + \frac{2t_p}{T} \quad (2.20)$$

$$SBC = -2 \left( \frac{LL}{T} \right) + \frac{\ln(T)}{T} t_p \quad (2.21)$$

Donde  $T$  es el número de observaciones,  $t_p$  es el total de parámetros del modelo y  $LL$  el log likelihood, El criterio de Akaike tiende a arrojar especificaciones con mayor cantidad de parámetros y el Bayesiano con menor cantidad (Feldem & Trajtenberg, 2012).

Otro criterio utilizado es el de Hannan-Quinn (HQIC), similar a los anteriores, debido a que también se construye a partir del logaritmo de la función de verosimilitud, diferenciándose en que usa un esquema de ponderación diferenciado en la longitud de las series y el agregado de parámetros adicionales:

$$HQIC = -2 \left( \frac{LL}{T} \right) + \frac{2 \ln(\ln(T))}{T} t_p \quad (2.22)$$

Asimismo, el criterio de información del error de predicción final (FPE) se define como una medida del error cuadrático de la predicción un período adelante. Se selecciona la especificación que minimiza el error final de predicción:

$$FPE = \sum_u \left( \frac{T + \bar{m}}{T - \bar{m}} \right)^k \quad (2.23)$$

Siendo  $K$  la cantidad de ecuaciones y  $\bar{m}$  el número promedio de parámetros en las  $K$  ecuaciones.

### 2.5.2 Estimación del modelo VAR

Para probar la significatividad conjunta de los regresores se realizan pruebas de restricciones de exclusión. Para ello puede realizarse un test  $F$  o el de multiplicadores de Lagrange (LM), que no exige la existencia de normalidad. La hipótesis nula a testear es que los parámetros poblacionales son iguales a cero, siendo la alternativa que al menos uno de los parámetros es distinto de cero.

Para la aplicación del  $LM$  se requiere definir un modelo restringido, aquel para el que los parámetros tienen valor nulo. En cada ecuación se regresa el valor de la variable endógena sobre el conjunto de variables restringidas independientes, obteniéndose los residuos. En segundo lugar, se regresan los residuos sobre la totalidad de las variables independientes de

donde se obtiene el  $R_u^2$  que se utiliza para el cálculo del estadístico  $LM$ , donde  $n$  es el tamaño de la muestra

$$ML = nR_u^2 \quad (2.24)$$

Luego, se compara el valor de  $LM$  con un valor crítico de la distribución  $\chi^2$ , rechazándose la hipótesis nula si el  $LM$  es mayor al valor crítico. Una de las ventajas del test respecto al  $F$  es que no se pierden grados de libertad.

Otro de los test a realizar es el análisis residual, que implica probar el supuesto de ausencia de correlación serial en el error, es decir, que no hay correlación entre  $e_t$  y  $e_{t+s}$ . Para su aplicación se utiliza el estadístico  $LM$ , al igual que al testear restricciones de exclusión.

También como parte de la estimación deber probarse la estabilidad del VAR. La misma es análoga a la de un proceso autorregresivo de primer orden (Enders, 2015). De la definición de un AR(1):

$$x_t = A_0 + A_1x_{t-1} + e_t \quad (2.25)$$

Donde iterando hasta  $n$  se llega a:

$$x_t = A_0 + A_1(A_0 + A_1x_{t-2} + e_{t-1}) + e_t \quad (2.26)$$

$$x_t = (1 + A_1)A_0 + A_1^2x_{t-2} + A_1e_{t-1} + e_t \quad (2.27)$$

$$x_t = (1 + A_1 + \dots + A_1^n)A_0 + \sum_{i=0}^n A_1^i e_{t-1} + A_1^{n+1}x_{t-n-1} \quad (2.28)$$

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^n A_1^i e_{t-1} \quad (2.29)$$

Siendo la condición de estabilidad que  $A_1$  sea menor a 1 en términos absolutos, es decir, que  $A_1^n$  tiende a 0 cuando  $n$  tiende a infinito. La misma expresión puede alcanzarse análogamente para un VAR, donde  $\mu = [\bar{y} \ \bar{z}]$  es el vector que contiene los valores medios de las variables endógenas. Partiendo de las ecuaciones del modelo reducido (2.11) y (2.12), expresadas con el operador  $L$

$$y_t = a_{10} + a_{11}Ly_t + a_{12}Lz_t + e_{1t} \quad (2.30)$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}Ly_t + a_{22}Lz_t + e_{2t} \quad (2.31)$$

Resolviendo para  $z_t$  se llega a:

$$(1 - a_{22}L)z_t = a_{20} + a_{21}Ly_t + e_{2t} \quad (2.32)$$

$$Lz_t = \frac{L(a_{20} + a_{21}Ly_t + e_{2t})}{(1 - a_{22}L)} \quad (2.33)$$

Reemplazando en  $y_t$ :

$$(1 - a_{11}L)y_t = a_{10} + a_{11}Lz_t + e_{1t} \quad (2.34)$$

$$(1 - a_{11}L)y_t = a_{10} + \frac{L(a_{20} + a_{21}Ly_t + e_{2t})}{(1 - a_{22}L)} + e_{1t} \quad (2.35)$$

Las soluciones de las ecuaciones estocásticas diferenciales de segundo orden son:

$$\bar{y} = \frac{a_{10}(1 - a_{22}) + a_{12}a_{20} + (1 - a_{22}L)e_{1t} + a_{12}e_{2t-1}}{(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2} \quad (2.36)$$

$$\bar{z} = \frac{a_{20}(1 - a_{11}) + a_{21}a_{10} + (1 - a_{11}L)e_{2t} + a_{21}e_{1t-1}}{(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2} \quad (2.37)$$

Como ambas tienen el mismo denominador, la condición de convergencia será similar, debe ocurrir que las raíces del denominador estén fuera del círculo unitario. La prueba de estabilidad surge del comportamiento dinámico del modelo, debiendo cumplirse que los  $e$  sean inferiores a la unidad. De no ser estacionarias las series, el sistema no sería estable, no habría reversión a la media.

Una de las tareas que habitualmente se busca es hallar a partir de modelo reducido el VAR estructural, dado que no puede estimarse directamente debido a que  $y_t$  está correlacionado con  $\epsilon_{zt}$ , y  $z_t$  con  $\epsilon_{yt}$ . El Premio Nobel Christopher Sims desarrolló una metodología para la identificación de la cantidad de *lags* a incluir en el modelo y la estimación de los parámetros (Sims, 1980). Sin embargo, se reconoce que la esencia de los modelos VAR no radica en la estimación de los parámetros, sino en encontrar relaciones entre las variables (Stock & Watson, 2001).

Considerando el modelo de dos ecuaciones, es posible estimar sus 6 parámetros  $(a_{10}, a_{20}, a_{11}, a_{21}, a_{12}, a_{22})$  y las varianzas y covarianzas de los errores  $var(e_1)$ ,  $var(e_2)$  y  $cov(e_1; e_2)$ . Sin embargo, no es posible estimar los 10 parámetros del VAR estructural, es decir, los dos interceptos  $(b_{10}, b_{20})$ , los cuatro coeficientes autorregresivos  $(\gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{21}, \gamma_{22})$ , los dos coeficientes que vinculan las variables endógenas  $(b_{12}, b_{21})$  y los dos desvíos estándar  $(\sigma_y, \sigma_z)$ . En consecuencia, debe imponerse alguna restricción sobre el modelo primitivo. Sims propuso como restricción  $b_{21} = 0$ , incorporando una asimetría al modelo. Los errores del sistema reducido, ecuaciones (2.13) y (2.14), pasan a ser:

$$e_{1t} = \epsilon_{yt} - b_{12}\epsilon_{zt} \quad (2.38)$$

$$e_{2t} = \epsilon_{zt} \quad (2.39)$$

La mencionada restricción da lugar a la llamada descomposición de Cholesky, Ello implica que  $y_t$  no tiene impacto en  $z_t$ . A su vez, un shock a través de  $\epsilon_{yt}$  y  $\epsilon_{zt}$  afecta  $y_t$ , pero solo uno en  $\epsilon_{zt}$  afecta  $z_t$ . Las varianzas y covarianzas de los errores, ecuaciones (2.16) y (2.18), pasan a conformar un sistema de tres ecuaciones, de donde se pueden despejar las tres incógnitas  $(\sigma_y^2, \sigma_z^2$  y  $b_{12}^2)$ :

$$Ee_{1t}^2 = \sigma_y^2 + b_{12}^2\sigma_z^2 \quad (2.40)$$

$$Ee_{2t}^2 = \sigma_z^2 \quad (2.41)$$

$$Ee_{1t}e_{2t} = -b_{12}\sigma_z^2 \quad (2.42)$$

En consecuencia, una vez estimada la matriz de varianzas y covarianzas, cuyos componentes son  $var(e_1)$ ,  $var(e_2)$  y  $cov(e_1; e_2)$ , pueden calcularse los valores de  $\sigma_y^2$ ,  $\sigma_z^2$  y  $b_{12}^2$ . Expresándolo matricialmente se ve como despejar las variables. Dado el sistema VAR estructural, ecuación (2.8), multiplicando por  $B^{-1}$ :

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{yt} \\ \epsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (2.43)$$

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} - b_{12}b_{20} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} - b_{12}\gamma_{21} & \gamma_{12} - b_{12}\gamma_{22} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{yt} - b_{12}\epsilon_{zt} \\ \epsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (2.44)$$

Igualando cada ecuación a la (2.11) y (2.12) del modelo reducido se obtienen 6 ecuaciones:

$$a_{10} = b_{10} - b_{12}b_{20} \quad (2.45)$$

$$a_{20} = b_{20} \quad (2.46)$$

$$a_{12} = \gamma_{12} - b_{12}\gamma_{22} \quad (2.47)$$

$$a_{11} = \gamma_{11} - b_{12}\gamma_{21} \quad (2.48)$$

$$a_{21} = \gamma_{21} \quad (2.49)$$

$$a_{22} = \gamma_{21} \quad (2.50)$$

Que sumadas a las otras tres ( $var(e_1)$ ,  $var(e_2)$  y  $cov(e_1; e_2)$ ), generan un sistema de 9 ecuaciones con 9 incógnitas que se encuentra identificado. En términos generales, en un VAR de  $n$  variables, donde  $B$  es una matriz de  $n \times n$ , hay  $n$  regresiones para los residuos y  $n$  regresiones para shock estructurales, para que el modelo este identificado se requiere que  $(n^2 - n)/2$  sean iguales a cero, que es lo que logra la descomposición de Cholesky, que torna triangular a la matriz  $B$ .

### 2.5.3 Productos del modelo VAR

#### 2.5.3.1 Función de impulso respuesta

Escribiendo la condición de estabilidad en forma matricial (Enders, 2015):

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-1} = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t-i} \\ e_{2t-i} \end{bmatrix} \quad (2.51)$$

Siendo los errores, expresados a partir de los errores del modelo estructural:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{yt} \\ \epsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (2.52)$$

Reexpresando la ecuación de estabilidad con los errores del modelo estructural:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{yt-1} \\ \epsilon_{zt-1} \end{bmatrix} \quad (2.53)$$

Y definiendo la función  $\varphi_i$ , como

$$\varphi_i = \frac{A_1^i}{1-b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad (2.54)$$

Se llega a:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \varphi_{11}(i) & \varphi_{12}(i) \\ \varphi_{21}(i) & \varphi_{22}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{y_{t-1}} \\ \epsilon_{z_{t-1}} \end{bmatrix} = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \varphi_i \epsilon_{t-i} \quad (2.55)$$

Donde los  $\varphi_i$  son los multiplicadores de impacto (y todos juntos conforman las funciones impulso respuesta), que reflejan el efecto de  $\epsilon_{y_t}$  y  $\epsilon_{z_t}$  sobre la trayectoria temporal de  $y_t$  y  $z_t$ . Por ejemplo,  $\varphi_{12}(0)$  es el impacto de una unidad de  $\epsilon_{z_t}$  sobre  $y_t$ . De igual forma  $\varphi_{11}(1)$  es el impacto de una unidad de  $\epsilon_{y_{t-1}}$  sobre  $y_t$ . Después de  $n$  períodos el efecto de  $\epsilon_{z_t}$  sobre  $y_{t+n}$  es  $\varphi_{11}(n)$ , que se puede obtener como la suma del efecto en cada uno de los períodos. Al no poder identificarse la totalidad de los parámetros del VAR estructural, a partir del VAR reducido, como se comentó en la sección 2.5.2, debe aplicarse la descomposición de Cholesky de donde luego se derivarán las funciones de impulso respuesta ortogonalizadas. De esta forma se subsana la limitación existente en la interpretación de las funciones de impulso respuesta en términos de relaciones causa-efecto debido a que la matriz de errores estructurales no es diagonal.

Mediante la transformación del VAR que implica la descomposición de Cholesky se elimina la correlación existente entre las perturbaciones asociadas a cada variable del sistema, es decir, los errores pasan a estar incorrelacionados. En consecuencia, es posible inferir causalidad a partir de la relación impulso respuesta mediante un shock aislado a una variable, mantenido constante el resto de las variables. Deberá tenerse en cuenta que de la factorización de Cholesky se obtendrán diferentes funciones de impulso respuesta según el orden en el cual las variables hayan sido especificadas en el VAR.

### 2.5.3.2 Descomposición de la varianza

A partir del VAR reducido, ecuación (2.10), suponiendo que conocemos los coeficientes  $A_0$  y  $A_1$  y queremos conocer valores de  $x_{t+i}$  condicionados a valores de  $x_t$ , tomando la esperanza condicional de  $x_{t+1}$  llegamos a:

$$E_t x_{t+1} = A_0 + A_1 x_t \quad (2.56)$$

Siendo el error de pronóstico

$$x_{t+1} - E_t x_{t+1} = e_{t+1} \quad (2.57)$$

Para el caso de 2 períodos sería:

$$x_{t+2} = A_0 + A_1 x_{t+1} + e_{t+2} \quad (2.58)$$

$$x_{t+2} = A_0 + A_1(A_0 + A_1 x_t + e_{t+1}) + e_{t+2} \quad (2.59)$$

Siendo la esperanza condicional en  $x_{t+2}$

$$E_t x_{t+2} = (1 + A_1)A_0 + A_1^2 x_t \quad (2.60)$$

Y el error del pronóstico respecto de la realización de t+2

$$e_{t+2} + A_1 e_{t+1} \quad (2.61)$$

Y el pronóstico para el momento n:

$$E_t x_{t+n} = (1 + A_1 + A_1^2 + \dots + A_1^{n-1})A_0 + A_1^n x_t \quad (2.62)$$

Y el error del pronóstico asociado

$$e_{t+n} + A_1 e_{t+n-1} + A_1^2 e_{t+n-2} + \dots + A_1^{n-1} e_{t+1} \quad (2.63)$$

Expresándolo en términos del VAR estructural

$$x_{t+n} = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \varphi_i \epsilon_{t+n-i} \quad (2.64)$$

El error de pronóstico de t+n sería:

$$x_{t+n} - E_t x_{t+n} = \mu + \sum_{i=0}^{n-1} \varphi_i \epsilon_{t+n-i} \quad (2.65)$$

Para  $y_t$  el error de pronóstico para el paso n sería

$$\begin{aligned} y_{t+n} - E_t y_{t+n} &= \varphi_{11}(0)\epsilon_{yt+n} + \varphi_{11}(1)\epsilon_{yt+n-1} + \dots + \varphi_{11}(n-1)\epsilon_{yt+1} \\ &+ \varphi_{12}(0)\epsilon_{zt+n} + \varphi_{12}(1)\epsilon_{zt+n-1} + \dots + \varphi_{12}(n-1)\epsilon_{zt+1} \end{aligned} \quad (2.66)$$

La varianza del error del pronóstico de  $y_{t+n}$  se define como  $\sigma_y(n)^2$

$$\begin{aligned} \sigma_y(n)^2 &= \sigma_y^2(\varphi_{11}(0)^2 + \varphi_{11}(1)^2 + \dots + \varphi_{11}(n-1)^2) \\ &+ \sigma_z^2(\varphi_{12}(0)^2 + \varphi_{12}(1)^2 + \dots + \varphi_{12}(n-1)^2) \end{aligned} \quad (2.67)$$

Dado que todos los valores de  $\varphi_{jk}(i)^2$  son no negativos, la varianza del error del pronóstico tiende a crecer cuando se pronostican periodos más lejanos. A su vez, es posible descomponer el n-paso del pronóstico según si el shock a sido en  $\epsilon_{yt}$  o en  $\epsilon_{zt}$

$$\frac{\sigma_y^2((\varphi_{11}(0)^2 + \varphi_{11}(1)^2 + \dots + \varphi_{11}(n-1)^2))}{\sigma_y(n)^2} \quad (2.68)$$

$$\frac{\sigma_z^2((\varphi_{12}(0)^2 + \varphi_{12}(1)^2 + \dots + \varphi_{12}(n-1)^2))}{\sigma_y(n)^2} \quad (2.69)$$

En consecuencia, la descomposición de la varianza del error indica, por ejemplo, que si  $\epsilon_{zt}$  no explica nada del error en la varianza de  $y_t$  para todos los horizontes de pronóstico,  $y_t$  es exógena. Contrariamente, si  $\epsilon_{zt}$  explica todas las variaciones de  $y_t$ , entonces  $y_t$  es completamente endógena.

A su vez, al igual que para las funciones impulso respuesta debe utilizarse la descomposición de Choleksy para asumir restricciones sobre la matriz B y así poder resolver el problema de identificación.

### 2.5.3.3 Causalidad de Granger

Se dice que hay causalidad en el sentido de Granger cuando los rezagos de una variable explican a la otra, es decir, la historia de la variable causal explica el valor presente de la variable respuesta, una vez controlada la relación causa efecto por la historia agregada de esta última. Si  $y_t$  no contribuye en el pronóstico de  $z_t$ , entonces  $y_t$  no causa  $z_t$  en el sentido de Granger. Si todas las variables del VAR son estacionarias, la forma de testear la causalidad de Granger es mediante un test F con la hipótesis es nula (Enders, 2015):

$$a_{21}(1) = a_{21}(2) = a_{21}(3) = \dots = a_{21}(p) = 0 \quad (2.71)$$

El test no es el mismo que el de exogeneidad, que mide si  $z_t$  es impactada por el valor contemporáneo de  $y_t$ . El resultado del contraste de hipótesis estará afectado por el conjunto de variables endógenas del sistema y por la cantidad de rezagos incluidos en el VAR.

Hasta el momento se ha descrito el marco teórico correspondiente a las tres etapas de los modelos de estrés por riesgo de crédito. Para el modelo macroeconómico se hizo hincapié en la estructura de vectores autorregresivos, que es la que se utilizará en el capítulo siguiente para modelar los escenarios de tensión para la Argentina.

### 3 Modelo de vectores autorregresivos para la Argentina (1997-2014)

El modelo de vectores autorregresivos (VAR) desarrollado para la Argentina abarca el periodo 1997-2014. Para alcanzar la especificación considerada más conveniente se realizaron pruebas con un conjunto de variables de las esferas real y financiera de la economía. El criterio de selección de variables obedeció a su probada influencia en el ciclo económico bajo estudio y debido a que las variables han sido utilizadas en otros trabajos recientes como mencionamos en la revisión bibliográfica del Capítulo 2.

#### 3.1 Definición del VAR para la Argentina

La elección del año 1997 como comienzo de la serie tiene aparejada la intención deliberada de incluir el cambio estructural de 2001-2002. El suceso constituye un ineludible caso de estudio, el más significativo evento de estrés financiero de nuestra historia reciente, y por ello, además, de por su relativa proximidad, es incluido en todos los trabajos relevados sobre la Argentina. Para el presente trabajo también se pobó el modelo con datos de 2003-2014 para comparar resultados.

El modelo está compuesto por cinco variables endógenas y tres exógenas. Las variables, a excepción de la tasa de interés, se miden en variaciones interanuales. Tienen frecuencia mensual, a diferencia de lo observado en la bibliografía, lo que permite incrementar la cantidad de observaciones para el período seleccionado añadiendo robustez al modelo. De las variables consideradas el PIB fue la única que debió ser adaptada, dado que el INDEC la publica con frecuencia trimestral. En su reemplazo se utilizó una variable que mide el nivel de actividad, que en adelante será llamada PIB por considerar que es un *proxy* de la medición trimestral. Se construyó a partir de la suma de indicadores de actividad de diversos sectores de la economía.

La segunda variable endógena es la tasa interanual de inflación. Fue construida a partir de la serie publicada por el INDEC entre 1997 y 2007, y completada por la serie del estudio Bein para los años 2008-2014. La tercera variable endógena es el agregado monetario M3 Privado. Es la sumatoria de los billetes y monedas en poder del público, los depósitos a la vista del sector privado no financiero (cuentas corrientes y cajas de ahorro) y los depósitos a plazo fijo del sector privado no financiero. La cuarta variable es el cociente entre préstamos y

depósitos, ambos del sector privado no financiero, variable que definimos como un *proxy* de la liquidez bancaria. La quinta variable es el tipo de cambio real multilateral, indicador de la competitividad de la economía. Se confeccionó a partir del tipo de cambio nominal multilateral elaborado por el BCRA, deflactado por el índice de precios ya mencionado.

Otra variable considerada como posible endógena, pero luego dejada de lado, fue el total de la recaudación impositiva. Fue desechada por no presentar la influencia sobre el nivel de actividad y la inflación que se esperaba. A su vez, entre los agregados monetarios, también se probaron resultados con las variables base monetaria y M2, pero fueron relegadas a favor de M3.

La primera de las variables exógenas es la variación interanual del promedio mensual del tipo de cambio nominal bilateral de referencia entre el peso y el dólar estadounidense, tomando el dato informado por el Mercado Abierto Electrónico (MAE) en cumplimiento de la Comunicación A-3500 del BCRA (BCRA, 2002). Es considerada exógena para el periodo bajo estudio ya que su cotización fue objeto de regulación de la política cambiaria, actuando como ancla inflacionaria.

La segunda variable exógena elegida fue la tasa de adelantos de cuenta corriente para operaciones mayores a \$10 millones, publicada diariamente por la autoridad monetaria. Presenta una elevada correlación con la principal tasa pasiva del sistema (tasa Badlar), que a su vez muestra una dinámica en el periodo que no está necesariamente explicada por las variables endógenas seleccionadas. Está en parte influenciada por el comportamiento del mercado cambiario, por ejemplo, su suba durante el tercer trimestre de 2011 se explica por la manifiesta intención por parte del Gobierno Nacional de volver atractivos las alternativas de ahorro en moneda nacional para evitar la excesiva dolarización de portafolios (Bein, 2011). A su vez, también está influenciada por la tasa de las Letras emitidas por el BCRA (Lebac), que podría considerarse la tasa de política monetaria. No fue ella considerada para el modelo ya que su evolución no necesariamente se vincula con la dinámica de la actividad económica. Las tasas Badlar y Lebac poseen una probada correlación, pero la Badlar y más aún la tasa de adelantos tiene una vinculación mayor con el resto de las variables del modelo. La tercera variable exógena elegida fue la variación nominal interanual del precio del poroto de soja, serie publicada por el Ministerio de Agricultura. Fue seleccionada por la relevancia del cultivo en la campaña agrícola de nuestro país. Es un factor externo con probada influencia en la economía argentina dado su impacto en el resultado de la cuenta corriente, a través de las exportaciones, como así también en el mercado cambiario, dado que de la soja

depende gran parte de la oferta de divisas. Otros indicadores externos, relacionados con el precio de la soja, considerados pero finalmente no seleccionados, fueron el Índice de Precios de las Materias Primas elaborado por el BCRA y el Índice de Términos de Intercambio elaborado por el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. También fue considerado el EMBI+, descartándose por presentar un salto (descenso) demasiado abrupto a mediados de 2006, tras realizarse el primer canje de la deuda que entró en default en 2001. Además, se observó que la variable es muy dependiente de la coyuntura política, lo que enrarece el análisis.

El modelo reducido queda construido como se muestra en las ecuaciones (3.1) a (3.5), siendo  $Y_t$  el PIB,  $\pi_t$  la inflación,  $M_t$  el agregado monetario M3 Privado real,  $L_t$  la liquidez bancaria,  $TCR_t$  el tipo de cambio real multilateral,  $TCN_t$  el tipo de cambio bilateral entre el peso y el dólar,  $i_t$  la tasa activa de interés y  $s_t$  el precio de las materias primas.

$$Y_t = a_{10} + a_{11}Y_{t-1} + a_{12}\pi_{t-1} + a_{13}M_{t-1} + a_{14}L_{t-1} + a_{15}TCR_{t-1} + a_{16}TCN_{t-1} \quad (3.1)$$

$$+ a_{17}i_{t-1} + a_{18}s_{t-1} + e_{1t}$$

$$\pi_t = a_{20} + a_{21}Y_{t-1} + a_{22}\pi_{t-1} + a_{23}M_{t-1} + a_{24}L_{t-1} + a_{25}TCR_{t-1} \quad (3.2)$$

$$+ a_{26}TCN_{t-1} + a_{27}i_{t-1} + a_{28}s_{t-1} + e_{2t}$$

$$M_t = a_{30} + a_{31}Y_{t-1} + a_{32}\pi_{t-1} + a_{33}M_{t-1} + a_{34}L_{t-1} + a_{35}TCR_{t-1} \quad (3.3)$$

$$+ a_{36}TCN_{t-1} + a_{37}i_{t-1} + a_{38}s_{t-1} + e_{3t}$$

$$L_t = a_{40} + a_{41}Y_{t-1} + a_{42}\pi_{t-1} + a_{43}M_{t-1} + a_{44}L_{t-1} + a_{45}TCR_{t-1} \quad (3.4)$$

$$+ a_{46}TCN_{t-1} + a_{47}i_{t-1} + a_{48}s_{t-1} + e_{4t}$$

$$TCR_t = a_{50} + a_{51}Y_{t-1} + a_{52}\pi_{t-1} + a_{53}M_{t-1} + a_{54}L_{t-1} + a_{55}TCR_{t-1} \quad (3.5)$$

$$+ a_{56}TCN_{t-1} - a_{57}i_{t-1} + a_{58}s_{t-1} + e_{5t}$$

Y expresado matricialmente

$$\begin{bmatrix} Y_t \\ \pi_t \\ M_t \\ L_t \\ TCR_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ a_{30} \\ a_{40} \\ a_{50} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ \pi_{t-1} \\ M_{t-1} \\ L_{t-1} \\ TCR_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{16} & a_{17} & a_{18} \\ a_{26} & a_{27} & a_{28} \\ a_{36} & a_{37} & a_{38} \\ a_{46} & a_{47} & a_{48} \\ a_{56} & a_{57} & a_{58} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} TCN_t \\ i_t \\ s_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \\ e_{4t} \\ e_{5t} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

El Cuadro 3.1 presenta los estimadores de los parámetros del VAR, siendo los desvíos estándar los valores que están entre paréntesis:

Cuadro 3.1. Modelo VAR										
Variable	PIB	Inflación	M3	P./D.	TCRM	TCN	Mat. Primas	T. Activa	Constante	R <sup>2</sup>
PIB	0,9493 (0,0293)	0,0348 (0,0184)	0,0041 (0,0083)	0,0259 (0,0152)	0,0300 (0,0101)	-0,0185 (0,0082)	0,0001 (0,0050)	-0,0193 (0,0276)	-0,0201 (0,3287)	0,9278
Inflación	0,0073 (0,0285)	0,9628 (0,0179)	0,5280 (0,0156)	0,0178 (0,0148)	-0,0091 (0,0098)	0,0332 (0,0008)	0,0120 (0,0049)	0,0578 (0,0270)	-0,2638 (0,3203)	0,9791
M3.	0,0761 (0,0414)	0,0176 (0,0260)	0,9495 (0,0226)	0,0503 (0,0215)	0,0188 (0,0144)	-0,0308 (0,0117)	-0,0007 (0,0071)	-0,0856 (0,0391)	0,1810 (0,4651)	0,9717
P./D.	0,0220 (0,0415)	0,0599 (0,0261)	0,0745 (0,0227)	0,9213 (0,0215)	0,0585 (0,0143)	-0,0393 (0,0117)	0,0070 (0,0071)	0,1497 (0,0392)	-0,8632 (0,4660)	0,9499
TCRM	0,2059 (0,0921)	-0,4861 (0,0579)	0,0937 (0,0505)	-0,1760 (0,0478)	0,5256 (0,0319)	0,3915 (0,0260)	0,0692 (0,0158)	0,3949 (0,0871)	0,0748 (1,0346)	0,979
FUENTE: elaboración propia										

Varias de las variables explicativas del PIB resultan significativas (su propia historia, la liquidez bancaria y el tipo de cambio tanto nominal como real), aunque solo el rezago del PIB tiene una magnitud destacable; una variación de 1% en el PIB en t-1 genera una variación del PBI en t de 0,94%. Los movimientos en la inflación son sensibles a la inercia inflacionaria, al M3, a la liquidez bancaria, al tipo de cambio y al precio de los *comodities*, siendo el impacto más relevante el de la inercia con un coeficiente de 0,96. Para el M3 las variables significativas son su propio rezago y la tasa de interés, que tiene signo negativo. Podría interpretarse que una suba de tasas, política monetaria contractiva, conlleva una disminución de los agregados monetarios. Para la liquidez bancaria son significativas todas las variables endógenas, además, de la tasa de interés, con coeficientes que presentan magnitudes de relevancia. Por ejemplo, una variación del 0,2% del PIB genera una disminución de 1% en la liquidez, y un aumento del 1% en el M3 lleva a un aumento del 0,7% de la liquidez. Finalmente, para el tipo de cambio real son significativas todas las variables con excepción de la liquidez. Una variación del tipo de cambio nominal bilateral del 1% deriva, *ceteris paribus*, en un crecimiento del tipo de cambio real multilateral del 0,39%, y un aumento del 1% de la inflación en una variación negativa del tipo de cambio real del 0,48%.

Dado que tres de los criterios de información utilizados (AIC, HQIC y FPE) reflejan que cuatro es el número óptimo de rezagos se reestimó el modelo con lags. A su vez, el criterio Bayesiano (SBIC) aconseja la utilización de 2 rezagos, resultado consistente por ser un criterio que suele seleccionar especificaciones con una menor cantidad de rezagos.

De la comparación del modelo con uno y cuatro rezagos, surge en el caso de la ecuación del PIB, que la cantidad de dinero (M3) pasa a ser significativa, un incremento del 15 genera, *ceteris paribus*, un crecimiento del PIB del 0,34%. También pasan a tener una magnitud relevante los coeficientes asociados al tipo de cambio real tanto real como nominal y a la tasa de interés, aunque en este último caso no con el signo esperado. Para la ecuación de la inflación, una variación positiva del 1% en el M3 incrementa los precios en un 0,22%.

<b>Cuadro 3.2. Test de Selección de Rezagos</b>				
Lag	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	9,20E+08	34,8391	34,965	35,1636
1	7221,55	23,0739	23,3786	23,8262
2	2316,83	21,9361	22,4101	23,1069*
3	2104,62	21,8382	22,4815	23,4271
4	1470,23*	21,4764*	22,2889*	23,4834
5	1611,75	21,5635	22,5453	23,9887

FUENTE: elaboración propia

### 3.2 Estimación del VAR para la Argentina

Para las cinco ecuaciones tomadas individualmente, como así también para el VAR completo, se rechaza la hipótesis nula correspondiente al test de restricciones de exclusión. Con un 100% de confianza la totalidad de los parámetros poblacionales tienen valor nulo.

<b>Cuadro 3.3. Restricciones de Exclusión</b>			
Ecuación	Lag	ch2	Prob > ch2
1	1	1502,1540	0,0000
2	1	6394,5930	0,0000
3	1	3550,5820	0,0000
4	1	3612,789	0,0000
5	1	717,8076	0,0000
Todas	1	16191,3900	0,0000

FUENTE: elaboración propia

El análisis residual es una herramienta adicional que permite determinar si el modelo estuvo correctamente especificado. Muestra el contraste por correlación serial del estadístico LM de los residuos del VAR(4). En este caso no existe evidencia para rechazar la hipótesis de ausencia de correlación.

<b>Cuadro 3.4. Análisis residual</b>		
Lag	ch2	Prob > ch2
1	149,7941	0,0000
2	69,5840	0,0000
3	98,3985	0,0000
4	36,2135	0,0684
FUENTE: elaboración propia		

Los resultados de la prueba de estabilidad muestran que el sistema es dinámicamente estable, al ser todos los autovalores en valor absoluto inferiores a la unidad. Asimismo, la estabilidad garantiza la estacionariedad de las variables. Si alguna de las variables endógenas no fuera estacionaria, una perturbación transitoria en alguna de las mismas implicaría un efecto sobre los valores futuros del proceso cuya dinámica no revertiría a la media.

<b>Cuadro 3.5. Estabilidad</b>		
Autovalores		Módulo
0,9792		0,9792
0,9553	0,0679	0,9578
0,9553	-0,0679	0,9578
0,9230		0,9230
0,4956		0,4955
FUENTE: elaboración propia		

De los estimadores de los parámetros del VAR reducido se obtiene la matriz de varianzas y covarianzas de los errores. La fuerte correlación entre los errores asociados a cada una de las variables del sistema, dificulta el análisis causal que se realizará mediante la estimación de las funciones impulso respuesta. La estrategia de identificación que se busca simulando un shock aislado sobre una variable, por ejemplo, la tasa del PIB, no resulta adecuada ya que el error de la ecuación del PIB tiene una elevada correlación con el error de la ecuación de la inflación y de las demás variables.

En consecuencia, debe transformarse la matriz de varianzas y covarianzas en una matriz ortogonalizada, mediante la descomposición de Cholesky, donde los errores esten incorrelacionados. Se alcanza la condición de inexistencia de correlación contemporánea

entre los shocks, lo que permite hacer análisis causales a través de las funciones de impulso respuesta que se encontraran ortogonalizadas, es decir, ver el efecto aislado de un shock en una variable manteniendo constante el resto de las variables.

En el caso del VAR para la Argentina los supuestos a realizar para alcanzar la matriz de varianzas y covarianzas ortogonalizada son. a) Una perturbación en la inflación no afecta en el largo plazo al PIB. b) Una perturbación en la cantidad de dinero no afecta en el largo plazo al PIB ni a la inflación. c) Una perturbación en la liquidez bancaria no afecta en el largo plazo al PIB, a la inflación, ni a la cantidad de dinero. d) Una perturbación en el tipo de cambio real multilateral no afecta en el largo plazo al PIB, a la inflación, a la cantidad de dinero, ni a la liquidez. Debe tenerse en cuenta que el orden de las ecuaciones en el VAR implica diferentes supuestos sobre la matriz de varianzas y covarianzas y, en consecuencia, distintos orden causal.

<b>Cuadro 3.6:</b> Matriz de Cholesky					
Variables	PIB	Inflación	M3	P/D	TCRM
PIB	1,6886	0	0	0	0
Inflación	0,0141	1,6460	0	0	0
M3	-0,1859	-0,9500	2,1848	0	0
P/D	-0,0368	0,4017	0,5548	2,2941	0
TCRM	0,4229	1,0050	-0,0672	1,3504	5,0240
FUENTE: elaboración propia					

La primera columna de la matriz indica que una perturbación de una magnitud de 1,68 del PIB estará acompañada de una variación negativa de la tasa del M3 del 0,18, de la liquidez del 0,03, de un aumento del tipo de cambio real multilateral del 0,42 y de la inflación del 0,01. De la segunda columna se desprende que una variación en la inflación del 1,64 estará acompañada de una variación opuesta del M3 del 0,95, de un aumento de la liquidez y también del tipo de cambio real multilateral. De igual forma se interpretan las columnas 3 y 4.

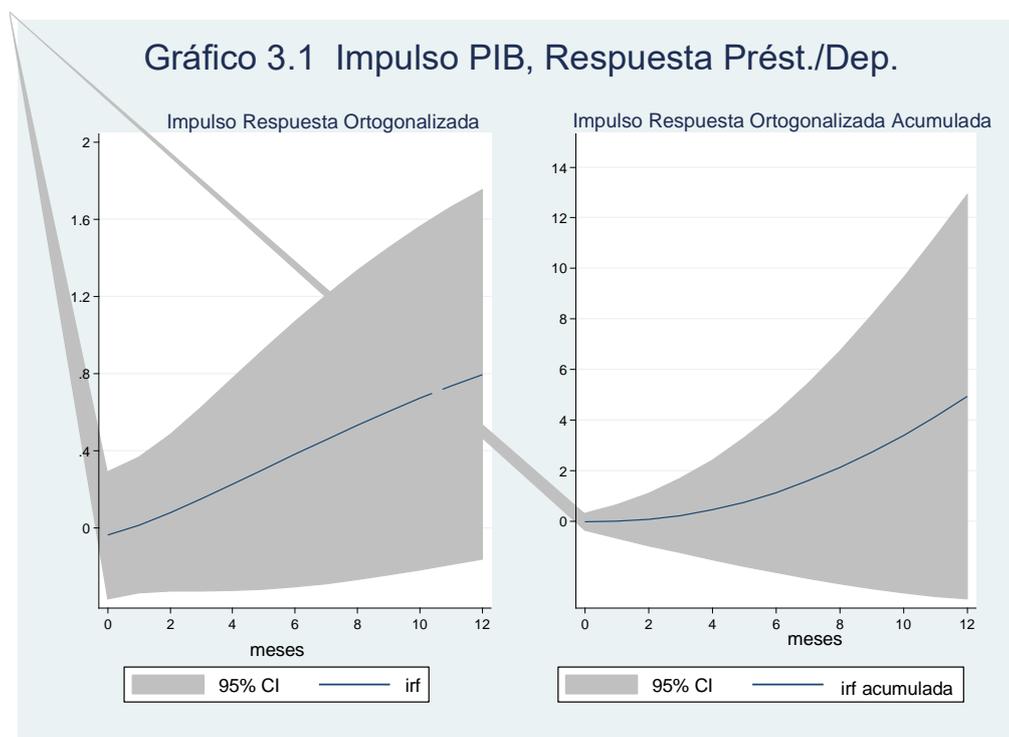
### 3.3 Productos del VAR para la Argentina

#### 3.3.1 Funciones de impulso respuesta

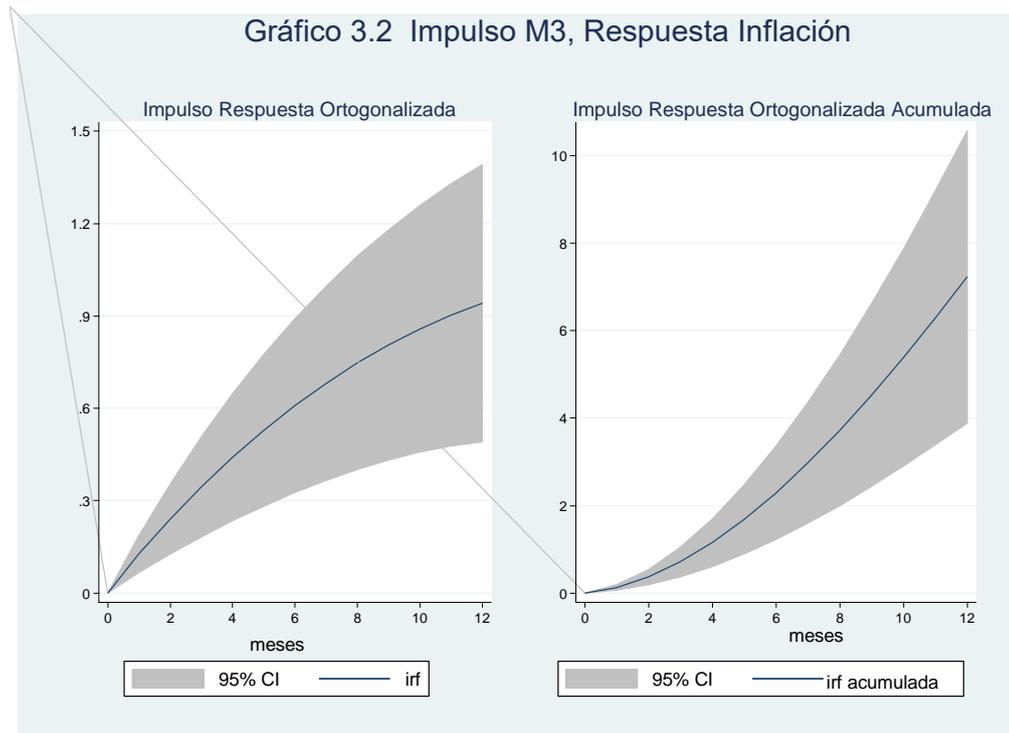
Las funciones de impulso respuesta ortogonalizadas permiten determinar como se propaga el shock exógeno (que no tiene que ver con las variables exógenas, sino con un shock exógeno sobre las variables endógenas) a través del sistema. En  $t=0$  se supone un impulso de las cinco variables equivalente en magnitud a las distintas columnas de la matriz de varianzas y covarianzas de los errores que surge de la descomposición de Cholesky. Se aplica el supuesto, a fines prácticos, que la posición inicial de las tasas de variación anual de las variables endógenas del sistema se encuentran en sus respectivas medias históricas (Feldem & Trajtenberg, 2012).

Un shock asociado a la tasa de variación del PIB, en el caso de la primera columna de la matriz, saca a las demás variables de sus promedios históricos, para luego la dinámica del sistema hacer que todas las tasas reviertan a su valor medio histórico. Las funciones de impulso respuesta permiten ver la velocidad del ajuste (se adjuntan en anexo 7.1 pero solo para los primeros 12 periodos). A su vez, las funciones impulso respuesta acumuladas calculan el efecto acumulado del shock unitario de una variable sobre los valores futuros del resto de las variables (se adjuntan en anexo 7,2).

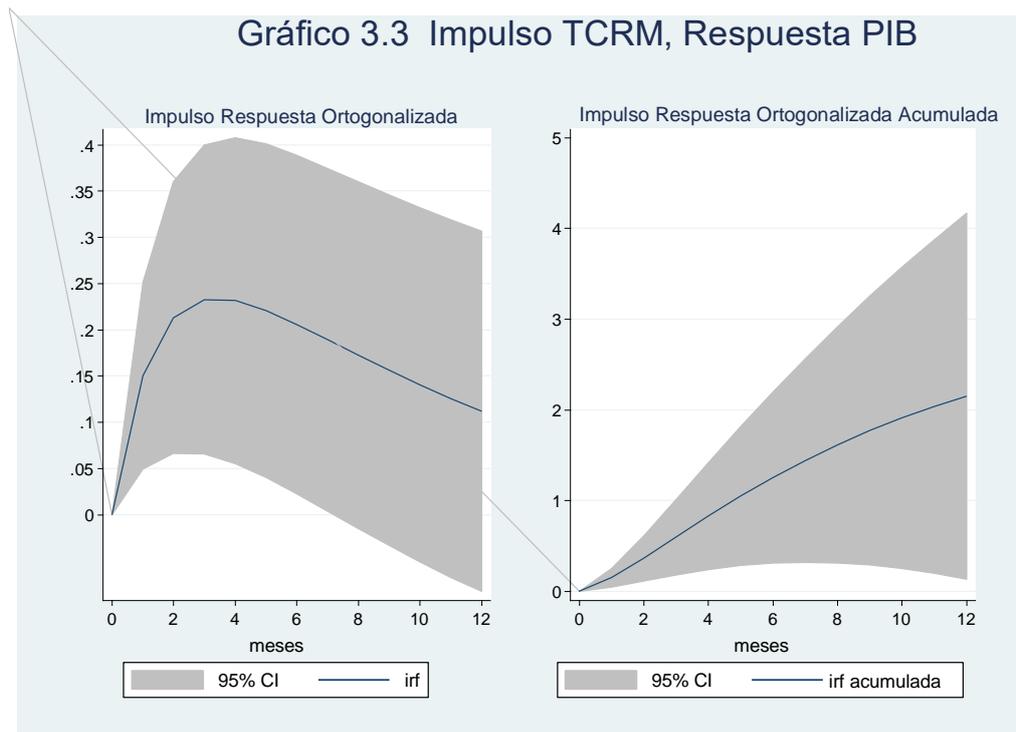
Entre los resultados más interesantes del análisis se observa que un impulso del PBI de 1,68, según se desprende de la primera columna de la matriz) genera una respuesta positiva de la relación préstamos / depósitos, es decir, una menor liquidez, desde el mes 1.



Un impulso del M3, que se podría asemejar a la implementación de una política monetaria expansiva suponiendo que su relación con la base monetaria se mantiene constante, genera una aceleración inflacionaria. Como la variable M3 es menos endógena que la inflación, por estar ubicada antes que la inflación en el VAR, la inflación no responde en el momento 0 al mayor crecimiento de los agregados monetarios.



Un impulso del tipo de cambio real multilateral provoca una respuesta positiva de la actividad económica, que al igual que en el caso anterior se expresa desde el mes 1.



### 3.3.2 Descomposición de la varianza

Mediante la descomposición de la varianza es posible identificar la contribución marginal de los shocks asociados a cada una de las variables sobre la variabilidad total de las demás variables endógenas en un horizonte predeterminado, que para el presente ejercicio es de 12 meses. El análisis permite diferenciar la proporción de movimientos sobre las variables endógenas que corresponden a su propio shock de los incrementos en otras variables del VAR.

El PIB responde en el mes 12 un 95,8% ante un impulso de sí mismo, un 2,5% ante un impulso de la relación préstamos sobre depósitos y un 1,7% ante el tipo de cambio real multilateral. La inflación responde en el mes 12 un 79,9% ante un impulso de sí misma, un 18,7% ante un impulso del M3 real y un 1% ante el PIB. El M3 real responde un 70,7% ante sí mismo, un 15,2% frente a la inflación, un 7,5 frente a la relación préstamos sobre depósitos y un 6,4% frente al PIB. La liquidez responde un 62,4% frente a sí misma, un 26,5% frente al M3, un 4,6% frente al tipo de cambio real multilateral, un 4,5% frente al PIB y un 1,8% frente a la inflación. Finalmente, el tipo de cambio real multilateral responde un 58,3% frente a sí mismo, un 28,4% frente a la inflación, un 6,1% frente al PIB, un 4,5% frente a la liquidez y un 2,2% frente al M3 real (en el anexo 7.3 se adjuntan las tablas de resultados).

### 3.3.3 Causalidad de Granger

EL test de causalidad busca determinar si la historia de las variables causales afectan el valor presente de la variable respuesta, una vez controlada la relación causa-efecto por la historia agregada de esta última. Para la ecuación del PIB la historia de la liquidez causa en el sentido de Granger a la tasa de variación presente del PIB. Lo mismo ocurre con el tipo de cambio real y con la historia conjunta del total de las variables, De igual forma, por ejemplo, para la segunda ecuación, la historia de la tasa de variación del M3, de la liquidez y de la totalidad de las variables tomadas en conjunto, causan en el sentido de Granger a la tasa de variación de la inflación.

<b>Cuadro 3.7: Causalidad de Granger</b>			
Ecuación	Excluyendo	ch2	Prob > ch2
PIB	Inflación	3,5697	0,0590
PIB	M3	0,0664	0,7970
PIB	P/D	2,8981	0,0890
PIB	TCRM	8,7173	0,0030
PIB	Todas	15,3460	0,0040
Inflación	PIB	0,0649	0,0799
Inflación	M3	11,4280	0,0010
Inflación	P/D	1,4390	0,2300
Inflación	TCRM	0,8508	0,3560
Inflación	Todas	33,1460	0,0000
M3	PIB	3,3812	0,0660
M3	Inflación	0,4605	0,497
M3	P/D	5,4659	0,0190
M3	TCRM	0,6848	0,4080
M3	Todas	13,2660	0,0100
P/D	PIB	0,2822	0,5950
P/D	Inflación	5,2644	0,0220
P/D	M3	10,7350	0,0010
P/D	P/D	16,5670	0,0000
P/D	Todas	32,9010	0,0000
TCRM	PIB	4,9963	0,0250
TCRM	Inflación	70,4480	0,0000
TCRM	M3	3,4456	0,0630
TCRM	P/D	0,1355	0,7130
TCRM	Todas	178,3900	0,0000
FUENTE: Elaboración propia			

Ya desarrollado el modelo macroeconómico, en el siguiente capítulo se procederá a definir el modelo satélite y a realizar el ejercicio de suficiencia de capital para el conjunto del sistema financiero, a partir de los escenarios de estrés diseñados.

## 4 Modelo satélite y generación de escenarios de estrés

El modelo satélite vincula la variable que refleja la irregularidad de cartera con el conjunto de variables macroeconómicas, como se describió en la sección 2.3. La elección de la variable dependiente a utilizar estará condicionada al entorno macro-financiero sobre el que se aplique el modelo, como así también a la disponibilidad de información. Para el presente modelo construido para la Argentina (1997-2014) se han probado diversas posibles variables dependientes, optándose por la generación de mora con frecuencia semestral. También debió seleccionarse el conjunto de regresores adecuados a utilizar, eligiéndose el PIB y la tasa activa nominal de interés. Una vez construido el modelo satélite se aplicaron los escenarios diseñados para medir la suficiencia de capital ante eventos de estrés.

### 4.1 Modelo satélite

#### 4.1.1 Morosidad en la Argentina (1997-2014)

La morosidad de cartera del sector privado no financiero en la Argentina en el periodo bajo estudio (1997-2014) presentó un máximo en 2002 del 35,9% de las financiaciones y del 75,9% del capital de las entidades. Desde 2003 comienza a tener un comportamiento descendente, asociado a la recuperación de la actividad económica y la normalización del sistema financiero. La mejora continua de la proporción de financiaciones en situación regular solo es interrumpida en dos años; 2009 cuando sube 0,4 puntos porcentuales alcanzando el 3,0%, y en 2012 al subir 0,3 puntos porcentuales hasta 1,7%. La primera alza se asocia a la reducción del PIB impactado por la crisis financiera internacional y la reducción de precios de las materias primas, y la segunda por la suba de las tasa de interés en un marco de elevada incertidumbre motorizado por la realización de elecciones presidenciales y la existencia de tensiones en el mercado cambiario.

El descenso casi ininterrumpido de la morosidad en la Argentina no solo obedece a la mejora en el perfil de los deudores en el marco de un ciclo económico de crecimiento, sino también al efecto de la nominalidad de la economía. Al calcularse la morosidad como el cociente entre la cartera irregular y el total de la cartera de préstamos, un elevado ritmo de crecimiento nominal de los préstamos lleva indefectiblemente a valores cada vez más pequeños del cociente de irregularidad sobre préstamos (KPMG, 2014). Otro factor que influye en el

indicador de mora es la política de las entidades financieras de pasar sus deudores de morosos a irrecuperables, para reducir sus ganancias.

La serie de datos de mora es elaborada por el BCRA, y para el periodo considerado una dificultad adicional es la existencia de una discontinuidad en la serie durante enero y mayo del 2002. Para evitar que la presente investigación quede truncada por la falta de datos, se completó la serie utilizando extrapolación, siendo ello posible dado que se trata de una variable flujo.

El BCRA define la mora como el porcentaje de irregularidad sobre el total de cartera, existiendo seis situaciones respecto a los deudores. Situación normal o 1, que es cuando presentan hasta 31 días de retraso en los pagos. Con seguimiento especial – bajo riesgo (2), cuando presentan entre 31 y 90 días de retraso. Con problemas – riesgo medio (3), cuando presentan entre 91 y 180 días de retraso. Con alto riesgo de insolvencia – alto riesgo (4), cuando presentan entre 181 y 365 días de retraso. Irrecuperables (5), cuando presentan más de 1 año de retraso. E irrecuperables por disposición técnica (6), que incluyen entre otros a los clientes de entidades liquidadas o revocadas por el BCRA. El Cuadro 4.1 muestra la evolución de la situación de deudores del sector privado no financiero promedio del período bajo estudio.

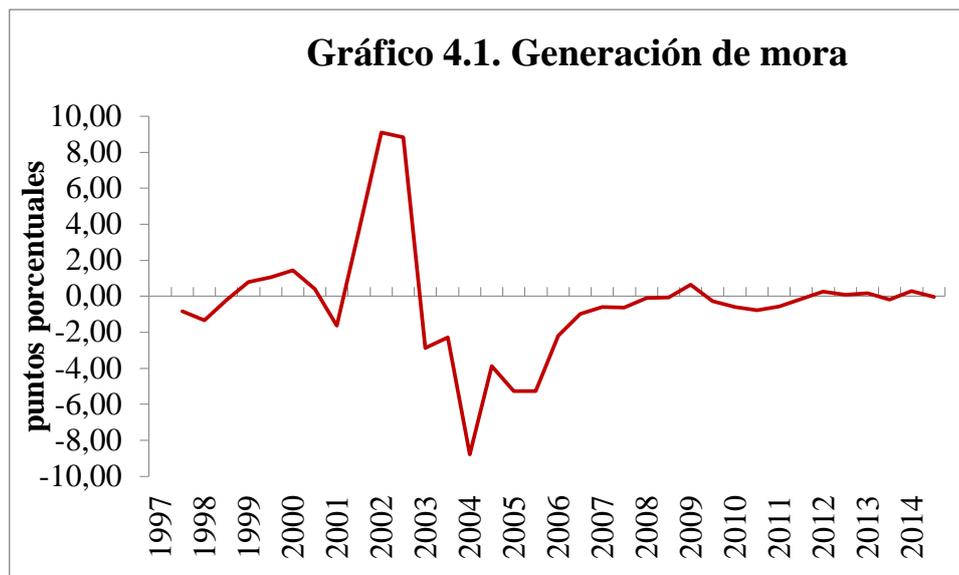
<b>Cuadro 4.1.</b> Evolución de la calidad de cartera						
	Situación de deudores					
	1	2	3	4	5	6
1996	77,93	5,90	4,30	6,16	5,57	0,13
1997	81,18	5,08	3,49	5,05	4,97	0,17
1998	83,25	4,56	2,97	4,52	4,17	0,54
1999	81,07	4,89	2,57	5,67	5,35	0,30
2000	79,44	4,66	2,76	6,15	6,47	0,31
2001	76,16	5,81	3,40	7,01	7,05	0,62
2002	55,03	9,03	13,90	10,72	10,84	0,47
2003	60,21	9,02	6,12	10,06	13,52	1,29
2004	75,91	5,97	3,87	4,62	8,87	0,82
2005	89,01	3,38	2,01	2,11	3,25	0,19
2006	93,54	2,00	1,12	1,74	1,50	0,08
2007	95,01	1,75	1,09	1,08	1,00	0,06

2008	94,86	2,04	1,13	1,17	0,77	0,02
2009	94,68	1,86	1,14	1,49	0,82	0,01
2010	96,65	1,23	0,69	0,85	0,58	0,01
2011	97,44	1,17	0,51	0,60	0,28	0,00
2012	96,80	1,47	0,67	0,74	0,33	0,00
2013	97,01	1,26	0,66	0,75	0,32	0,00
2014	96,74	1,27	0,69	0,90	0,39	0,00
2015	97,23	1,07	0,56	0,76	0,38	0,00
Fuente: elaboración propia en base a BCRA. Datos en %.						

#### 4.1.2 Elección de las variables del modelo satélite

En los modelos satélite para ejercicios de estrés por riesgo de crédito desarrollados para la Argentina se utilizan distintas definiciones para la variable dependiente. La elección está condicionada fuertemente por la disponibilidad de información pública sobre las variables. Como se detalló en la sección 2,3, los modelos revisados utilizan la transformación logarítmica del ratio de provisiones sobre el total de financiamiento (Gutiérrez Giraut, 2008) y el ratio de cartera irregular sobre el total de financiamiento (FMI, 2013). En ambos casos trabajan con series de tiempo que comienzan con antelación al 2002, para incluir aquel evento de estrés. Se intentó usar la serie 2003-2014 para evitar incorporar el cambio estructural producido por la crisis, pero los regresores no resultan significativos por la poca variabilidad de la variable explicada.

En consecuencia, para la presente investigación se optó por medir la morosidad en términos de flujo, es decir, medir la generación de mora entre períodos, en lugar de considerar la evolución del stock. Una ventaja derivada de ello es que se llega a una variable explicada con mayor variabilidad en el tiempo y poca inercia (Banco Santander, 2011). El Gráfico 4.1 muestra la variable elegida para el modelo satélite.



FUENTE: elaboración propia en base a datos BCRA

También se realizaron diversas pruebas para elegir el conjunto de variables independientes adecuadas. Se probaron las cinco variables endógenas del modelo VAR, como así también otras variables que se desprenden de los balances de las entidades como la relación activos sobre el capital, préstamos sobre el capital y provisiones sobre el capital.

Se llegó a dos especificaciones relevantes para el modelo satélite. La primera, ecuación (4.1) mide la generación de mora, siendo las variables explicativas el crecimiento anual del PIB, la tasa activa y la relación préstamos/PIB. La segunda regresión, que finalmente fue la utilizada, excluyó la variable créditos/PIB por resultar no significativa con datos semestrales. De utilizarse datos anuales, como se hizo en los modelos para la Argentina citados en la sección 2.3 hubiera sido factible usar la primera especificación. Sin embargo, se optó por tener una serie más larga. Ambas regresiones se realizaron para el periodo 1997-2014 con datos del total del sistema financiero.

$$gen\ mora_t = a + a_2PIB_t + a_3tasa\ activa_t + a_4créditos_t/PIB_t + \epsilon_t \quad (4.1)$$

$$gen\ mora_t = a + a_2PIB_t + a_3tasa\ activa_t + \epsilon_t \quad (4.2)$$

Cuadro 4.2. Modelo Satélite				
N° observaciones		34	R <sup>2</sup>	0,7464
Variable	Coef.	Desvio	t	valor p
PIB	-0,2371	-3,5600	6,6527	0,0181
Adelantos	0,1200	2,9200	0,0307	0,0012
Constante	-1,7800	-2,5000	0,0732	0,0005
FUENTE: elaboración propia				

Las variables contienen los signos esperados. El crecimiento del PIB impacta de forma negativa en la generación de mora. Y la tasa activa de interés impacta positivamente, es decir, a mayor encarecimiento de los préstamos, mayor será la mora.

#### 4.2 Generación de escenarios de estrés y medición de suficiencia de capital

Suelen utilizarse diversas técnicas para la simulación de escenarios de estrés, que serán luego introducidos en los modelos satélites para medir las pérdidas por riesgo de crédito. En la presente investigación se simularan escenarios deterministas, basados en la evolución histórica de las variables exógenas del modelo de vectores autorregresivo. Se trabajó con 4 escenarios. Los 3 primeros contienen shocks para cada una de las tres variables (tipo de cambio nominal, precios de las materias primas y tasas de interés) de a una por vez, manteniendo las otras dos constantes. El cuarto escenario contiene los shocks para las tres variables exógenas, configurando un escenario más adverso que los tres anteriores. Una vez armado el escenario de variables exógenas, se obtienen el pronóstico para los doce meses de las cinco variables endógenas a través del VAR. Con ellas se calculan las variaciones promedio semestrales que son incorporadas como variables explicativas del modelo satélite. Para el escenario 1 el shock fue una devaluación del 153,1% promedio para el año bastante inferior al 315% ocurrido en 2002, manteniendo las materias primas la tendencia bajista de precios del año anterior y sin variaciones significativa de las tasas de interés. Los pronósticos realizados con el VAR derivan en una caída del PIB para el primer semestre del -2,8% recuperándose en la segunda mitad del año. La inflación alcanza un 38% interanual en el primer semestre y 49% en el segundo, lo que implica un bajo traspaso a precios de la devaluación. Obedece a que el modelo se nutre de la corrección cambiaria de 2002 donde el *pass through* fue bajo debido al elevado desempleo (Frenkel, 2006). Se observa también un incremento del tipo de cambio real y una disminución de la relación préstamos/depósitos. El

escenario lleva a un incremento en la generación de mora de 0,4 puntos porcentuales en el año, alcanzando la cartera irregular a representar un 2,38% del total de financiaciones.

<b>Cuadro 4.3. Escenario 1</b>									
Año	Supuestos			Resultados					
	TCN*	Mat Primas*	Tasa Activa**	PIB*	Prést. /Dep.**	Inflación*	M3 Real*	TCR*	Mora**
0	44,4%	-13,8%	22,7%	-2,8%	89,3%	34,4%	-5,2%	1,6%	1,99%
1	149,6%	-21,5%	23,5%	-2,9%	77,5%	38,0%	-12,4%	62,0%	3,72%
2	186,3%	4,7%	23,6%	2,8%	72,8%	49,0%	-23,0%	100,1%	2,38%
* Variación del promedio semestral respecto a igual periodo del año anterior									
** Promedios semestrales									
FUENTE: elaboración propia									

Para el escenario 2 se supone un shock externo; caída de las materias primas para el primer semestre es del -40,7% y para el segundo del -51,3% interanual. El tipo de cambio se deprecia en menor cuantía que la inflación del año anterior y las tasas de interés se mantienen estables. El PIB se hunde en una depresión más extendida que en el escenario 1, aunque no mucho más fuerte, retrocediendo -1,2% en el primer semestre y -0,7% en el segundo. La inflación se desacelera, aunque para el primer semestre mantiene una variación superior a la del tipo de cambio nominal, derivando en una apreciación del tipo de cambio multilateral. Ya en el segundo semestre la depreciación es mayor al tipo de cambio nominal, impactando positivamente en la competitividad-precio externa de la economía. La generación de mora aumenta para ambos semestres promediando en el segundo 1,2 puntos porcentuales más que en el semestre 0, alcanzando 3,20% de la cartera irregular.

<b>Cuadro 4.4. Escenario 2</b>									
Año	Supuestos			Resultados					
	TCN*	Mat Primas*	Tasa Activa**	PIB*	Prést. /Dep.**	Inflación*	M3 Real*	TCR*	Mora**
0	44,4%	-13,8%	22,7%	-2,8%	89,3%	34,4%	-5,2%	1,6%	1,99%
1	19,0%	-40,7%	23,5%	-1,2%	82,9%	26,5%	-2,9%	-19,4%	3,30%
2	28,7%	-51,3%	23,6%	-0,7%	75,4%	19,7%	-0,9%	-10,7%	3,20%
* Variación del promedio semestral respecto a igual periodo del año anterior									
** Promedios semestrales									
FUENTE: elaboración propia									

En el escenario 3 la perturbación se produce en el lado financiero. Se incrementa la tasa de interés activa que pasa a promediar 35,9% en el primer semestre y 37,1% en el segundo. El tipo de cambio permanece estable, con una variación mayor a la tasa de inflación y las materias primas mantienen la tendencia declinante del año anterior. El encarecimiento del crédito, junto a la caída del PIB que no es muy distinta a la del escenario 2, deriva en un aumento en la generación de mora mayor a la de escenarios anteriores, alcanzando en el segundo semestre la cartera irregular el 4,75% del total de las financiaciones.

<b>Cuadro 4.5. Escenario 3</b>									
Año	Supuestos			Resultados					
	TCN*	Mat Primas*	Tasa Activa**	PIB*	Prést. /Dep.**	Inflación*	M3 Real*	TCR*	Mora**
0	44,4%	-13,8%	22,7%	-2,8%	89,3%	34,4%	-5,2%	1,6%	1,99%
1	19,0%	-21,5%	35,9%	-1,2%	85,1%	27,7%	-3,9%	-14,8%	4,80%
2	28,7%	4,7%	37,1%	-0,4%	79,0%	23,1%	-2,0%	-3,9%	4,75%
* Variación del promedio semestral respecto a igual periodo del año anterior									
** Promedios semestrales									
FUENTE: elaboración propia									

El escenario 4 supone la realización conjunta de los 3 shocks anteriormente mencionados. Son perturbaciones que podrían darse simultáneamente, que operara una fuerte devaluación en el país para tratar de mejorar la competitividad que equilibre la cuenta corriente tras una fuerte caída de las materias primas. Y a su vez, la aplicación de una política monetaria contractiva para apaciguar el traslado a precios de la corrección cambiaria. Arroja como resultado una reducción del PIB en el primer semestre del -3,1% interanual, recuperándose en la segunda mitad del año. La inflación se acelera menos que en el primer escenario, donde también se dió la devaluación, por efecto probablemente de las mayores tasas de interés. La mora alcanza 5,2% en el primer semestre, el valor más elevado de los 4 escenarios, retrocediendo luego hasta el 4,22%.

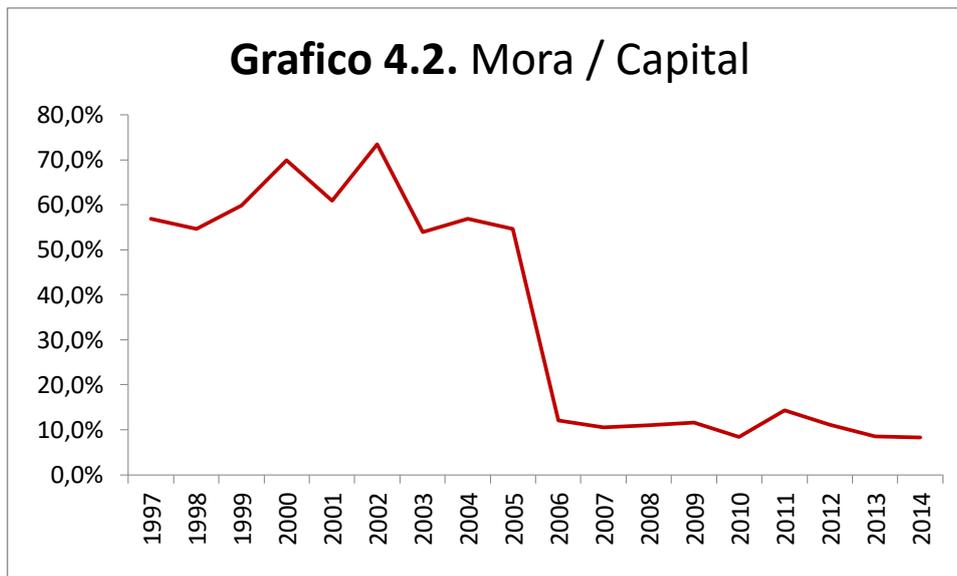
<b>Cuadro 4.6. Escenario 4</b>									
Año	Supuestos			Resultados					
	TCN*	Mat Primas*	Tasa Activa**	PIB*	Prést. /Dep.**	Inflación*	M3 Real*	TCR*	Mora**
0	44,4%	-13,8%	22,7%	-2,8%	89,3%	34,4%	-5,2%	1,6%	1,99%
1	149,6%	-40,7%	35,9%	-3,1%	64,6%	38,0%	-29,6%	41,4%	5,26%
2	186,3%	-51,3%	37,1%	1,8%	70,7%	46,2%	-24,6%	93,7%	4,22%

\* Variación del promedio semestral respecto a igual periodo del año anterior

\*\* Promedios semestrales

FUENTE: elaboración propia

Como medida para comparar los resultados de los escenarios simulados se midió el cociente morosidad/capital, como aproximación a la capacidad de las entidades para afrontar pérdidas por riesgo de crédito. Para el cálculo se supuso que el capital crece al ritmo de la inflación proyectado por el VAR. Fue de 8,3% en 2014 habiendo alcanzado el 73,4% en 2002. En la presente investigación se muestra que como máximo el cociente alcanza el 21,9% /(escenario 4).



FUENTE: elaboración propia en base a BCRA

<b>Cuadro 4.7. Relación mora / capital</b>				
t	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
0	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%
1	15,5%	13,8%	20,0%	21,9%
2	9,9%	13,3%	19,8%	17,6%
FUENTE: elaboración propia				

Es interesante notar como los pronósticos de las distintas variables endógenas del VAR podrían utilizarse como insumo para la realización de distintas pruebas de estrés en entidades financieras. Para la realización de pruebas de estrés por riesgo de liquidez se podría utilizar la trayectoria del agregado monetario M3, de la que se puede inferir la evolución de los depósitos del sistema realizando algunos supuestos adicionales. Para estrés por riesgo de crédito se podría utilizar la relación préstamos sobre depósitos; simular la evolución de los préstamos una vez obtenida la evolución de los depósitos. Asimismo, para realizar estrés integral podrían las entidades valerse de la evolución de la inflación para estimar la variación de costos e ingresos por comisiones y de la evolución del PIB para estimar el crecimiento de las ventas de productos financieros.

## 5 Conclusiones

El presente trabajo de investigación hizo foco en el desarrollo de pruebas de tensión para riesgo de crédito. Se desarrollaron las primeras tres de las cuatro etapas que conforman un ejercicio de estrés (Henry & Kok, 2013), haciendo especial hincapié en la primera, el diseño del modelo macroeconómico, para el cual se eligió la metodología econométrica de vectores autorregresivos (VAR). Luego, se desarrolló el modelo satélite que vincula los escenarios de tensión simulados con una variable de los estados contables de las entidades, que para la presente investigación fue la generación de mora. Y finalmente, se realizó el cálculo del cociente entre la mora y el capital, para ver si este resulta suficiente para afrontar eventos de tensión.

La elección de una estructura de VAR como modelo macroeconómico resulta superadora a las otras metodologías sugeridas en la literatura relevante del tema, que oportunamente fueron indagadas en el marco teórico, existiendo, en consecuencia, evidencia formal para sugerir que la hipótesis de investigación se cumple. Los modelos VAR son estructuras más versátiles, pudiendo el investigador ir eligiendo, como se realizó en la investigación, el conjunto de variables endógenas y exógenas más pertinentes en función de su objetivo. Asimismo, son estructuras que no requieren un herramental computacional demasiado sofisticado, ni excesivos conocimientos de programación. Contrariamente, desarrollar un modelo de equilibrio general es más complejo, dado que buscan explicar el comportamiento de muchos sectores de la economía. Son modelos recomendados para que elabore la autoridad monetaria, para medir la evolución conjunta de las variables y el impacto en toda la economía de la aplicación de políticas públicas, pero no para ser desarrollados por entidades financieras.

Para el caso de la Argentina, el diseño y estimación de un VAR plantea dificultades que no son menores. En primer lugar, la selección de variables se vio en parte obstaculizada por la información disponible. Para algunas variables la información está sospechada de ser poco veraz, motivo por el cual debió recurrirse a series de tiempo que no fueron diseñadas por organismos del sector público, naturalmente confiables por su naturaleza. A ello se suma la complejidad de los cambios de metodología que van surgiendo en la medición de las variables que dificulta la obtención de series de larga duración, dado que no es posible realizar el empalme de series. El impacto directo se mide en la dificultad de contrastar empíricamente ciertas hipótesis de comportamiento sin la cantidad ideal de observaciones.

Otra dificultad es la elección del periodo en el que se realizará el experimento. La decisión de incluir o no el cambio estructural de 2001 genera resultados muy distintos en las series y en los pronósticos. Si bien no se demostró en el presente trabajo, no resulta difícil de deducir que la ausencia de este condicionamiento generaría resultados diferentes.

Teniendo en cuenta lo antedicho este trabajo de tesis ha logrado armar un modelo con cinco variables endógenas y tres exógenas que resulta de utilidad. Las variables endógenas son el PIB, que impacta directamente en la evolución de la mora. La inflación, que resulta esencial para medir las variables y los resultados patrimoniales de las entidades financieras, en términos reales. El agregado monetario M3 a partir del cual con supuestos adicionales se puede pronosticar la evolución de depósitos. La relación préstamos sobre depósitos, con la que se puede aproximar la liquidez bancaria. Y el tipo de cambio real multilateral, variable que mide la competitividad y a partir de cuyo nivel se podría inferir una eventual crisis de cuenta corriente.

A su vez, también debió realizarse la elección de las variables exógenas del VAR optándose por un conjunto de tres variables, que tienen la ventaja de ser de distinta naturaleza. El tipo de cambio nominal, cuya evolución en el periodo considerado respondió a la decisión del hacedor de política económica. La evolución de las materias primas, medida en el modelo por el precio del poroto de soja, es una perturbación que surge de los mercados internacionales. Y la tasa de interés en pesos, que podría subir excesivamente por problemas de liquidez en moneda nacional o como un efecto provocado por el sector público para frenar un exceso de demanda de divisas, como ocurrió en 2011.

Para la segunda etapa, el modelo satélite, también se realizó un estudio para identificar cual era el conjunto de variables más adecuado a vincular mediante un análisis de regresión de mínimos cuadrados clásicos. Como variable dependiente se eligió la relación entre la cartera irregular de situación 3 en adelante, según la clasificación del BCRA, y el total de la cartera. La cartera irregular se midió en términos de flujo y no de stock con el fin de trabajar con una serie con mayor variabilidad. Debió, al igual que para el modelo macroeconómico, optarse por utilizar el periodo 1997-2014, para incluir el cambio estructural de 2001-2002. Como variables independientes se eligieron el PIB y la tasa de interés, ambas variables incluidas en el VAR. La frecuencia de tiempo fue semestral, dado que de haberse hecho mensual las variables daban no significativas, según se pudo constatar en la investigación. Constituye una mejora respecto a los modelos revisitados donde se utilizaron variables con frecuencia anual.

La tercera etapa fue la generación de escenarios a partir del VAR desarrollado y suponiendo una evolución adversa de las variables exógenas. Los resultados obtenidos para el escenario 1 muestran, una caída del PIB, que se concentra durante el primer semestre, como consecuencia de la devaluación. En lo personal entiendo que la corrección cambiaria implica una caída del salario real en dólares que afecta la demanda interna. También esta se ve impactada por la aceleración de la inflación, que podría estar subestimada en el modelo ya que forma los pronósticos a partir de la experiencia de 2002, donde hubo un bajo traspaso a precios de la corrección cambiaria. El escenario 2 también muestra un impacto negativo sobre el producto, y la generación de mora, como consecuencia de la caída de las materias primas, que podría explicarse por el impacto en el resultado de cuenta corriente. Asimismo, la suba de las tasas de interés (escenario 3), también deriva en un incremento de la irregularidad de cartera, debido al impacto negativo del encarecimiento del crédito y a la depresión económica que provoca la aplicación de una política monetaria contractiva. El escenario 4, ocurrencia conjunta de los tres eventos de tensión, genera un cuadro de situación aún más adverso.

El ejercicio de medición de suficiencia de capital muestra, como era esperable, el incremento de la relación morosidad sobre capital para todos los escenarios siendo los más adversos el 3 y el 4. A pesar de ello, aún en el peor de los casos, escenario 4, la ratio alcanza un nivel inferior al del año 2005, reflejo de la solidez que muestra en la actualidad el sistema financiero de la Argentina.

En futuras investigaciones sería interesante poder desarrollar el modelo con series más largas. Incorporar técnicas de evaluación de la calidad de las proyecciones. Realizar también algún escenario estocástico para poder comparar los resultados con el ofrecido por el VAR. De todas modos, deberá siempre tenerse presente que no será posible diseñar por completo los escenarios para pruebas de estrés para la Argentina mediante modelos matemáticos. Inevitablemente los resultados estarán sesgados por el juicio de experto del profesional. Él impactará tanto en la elección de las variables a modelar, en el tipo de modelo a utilizar, o en la selección del período y frecuencia a considerar para las series de tiempo, entre otras cosas.

## 6 Referencias bibliográficas

- Banco Santander. (2011). *Informe de gestión del riesgo*. Madrid: Banco Santander.
- Bank of Japan. (2012). *Introduction to the financial macro econometric model*. Tokio: Bank of Japan.
- BCRA. (2002). *Comunicación A-3500*. Banco Central de la República Argentina.
- BCRA. (2013). *Comunicación A-5398*. Banco Central de la República Argentina.
- Bein, M. (2011). *Informe mensual de coyuntura económica N°63*. Buenos Aires: Estudio Bein y Asociados.
- Budnevich Le Fort, C., & Huerta Vial, S. (2006). *Ejercicios de tensión del capital en la banca chilena*. Santiago de Chile: Supertintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile.
- Cicowicz, M., & Di Grecia, L. (2004). *Equilibrio general computado: descripción de la metodología*. La Plata: Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de La Plata.
- Cihák, M. (2007). *Introduction to applied stress testing*. Washington: International Monetary Fund.
- Enders, W. (2015). *Applied econometric time series* (4ta ed.). Nueva York: Wiley.
- Escude, G. J. (2008). *ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina*. Buenos Aires: Estudios BCRA N°5.
- Feldem, G., & Trajtenberg, L. A. (2012). *Composición del gasto publico primario, Efecto multiplicador y nivel de actividad económica en Argentina (1999-2011)*. Buenos Aires: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.
- FMI. (2013). *Nota técnica. Estabilidad del sector financiero*. Washington: International Monetary Fund.
- Foglia, A. (2009). *Stress testing credit risk. A survey of authorities approaches*. Roma: Banca d'Italia.
- Frenkel, J. (2006). *El impacto inflacionario de la depreciación cambiaria de 2002 en Argentina*. Buenos Aires: Nuevos documentos CEDES.
- Gujarati, D. N. (1995). *Basic econometrics*. Nueva York: Mc. Graw Hill.
- Gutiérrez Giraut, M. A. (2008). *Modeling Extreme but Plausible Losses for Credit Risk*. Buenos Aires: Banco Central de la República Argentina.

- Henry, J., & Kok, C. (2013). *A Macro Stress-Testing framework for assessing systemics risks in the banking sector*. Frankfurt: Occasional Paper Series N°152. Banco Central Europeo.
- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ta ed.). México DF: Mc Graw Hill.
- Hilbers, P., Jones, M. T., & Slack, G. (2004). *Stress testing financial systems: What to do when the governor calls*. Whashington: International Monetary Fund.
- Hoggarth, G., Sorensen, S., & Zicchino, L. (2005). *Stress Tests of UK banks using a VAR aproach*. Londres: Bank of England.
- KPMG. (2014). *La morosidad se mantiene baja pero persisten alguna señales de alerta*. Buenos Aires: Foro de Servicios Financieros KPMG.
- Loser, C. M., Mermelstein, D., & Kiguel, M. A. (2010). *A macroprudential framework for the early detection of banking problemas in emerging economies*. Manila: ADB Working paper series on regional economic integration N°44.
- Lutkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Nueva York: Springer.
- McCandless, G., Gabrielli, M. F., & Murphy, T. E. (2001). *Modelos econométricos de predicción macroeconómica*. Buenos Aires: Banco Central de la República Argentina.
- Misina, M., Tessier, D., & Shubhasis, D. (2006). *Stress testing the corporate loans portfolio of the canadian banking sector*. Ottawa: Financial Systema Review. Bank of Cánada.
- Oesterreichischi Nationalbank. (2006). *Risk assesment and stress testing for the austrian banking system/*. Viena: Oesterreichischi Nationalbank.
- Quagliariello, M. (2004). *Banks performance over the business cicle: evidence from Italy*. England forum of stress tests.
- Sims, C. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econométrica*, 48(1), 1-48.
- Sorge, M. (2004). Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies. *BIS Working Papers N. 165*.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2001). Vector Autoregression. *Journal of Economics Perspective*, 15(4), 101-115.
- Vazquez, F., Tabak, B., & Souto, M. (2012). A Macro Stress Test Model of Credit Risk for the Brazilian Banking Sector. *Journal of Financial Stability*, 8(2), 69-83.

Willem van den End, J., Hoeberisbts, M., & Tabbae, M. (2006). *Modelling Scenario Analysis and Macro-Stress Testing*. Amsterdam: Nederlandsche Bank NV.

Wong, J., Choi, K.-f., & Fong, T. (2006). A framework for macro stress testing the credit risk of banks in Hong Kong. *Hong Kong Monetary Authority Quarterly Bulletin*, 25-38.

## 7 Anexo

### 7.1 Funciones impulso respuesta ortogonalizadas

<b>Cuadro 6.2.</b> Impulso del PIB					
t	PIB	Inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	1,6888	0,0141	-0,1859	-0,0368	0,42294
1	1,6166	0,0116	-0,0408	0,0150	0,5464
2	1,5507	-0,0140	0,0904	0,0791	0,6104
3	1,4893	0,0572	0,2072	0,1505	0,6395
4	1,4308	0,0449	0,3109	0,2260	0,6463
5	1,3746	0,0681	0,4012	0,3035	0,6377
6	1,3201	0,0963	0,4791	0,3813	0,6174
7	1,2671	0,1289	0,5453	0,4580	0,5876
8	1,2153	0,1648	0,6005	0,5325	0,5502
9	1,1645	0,2056	0,6453	0,6044	0,5062
10	1,1148	0,2430	0,6807	0,6724	0,4567
11	1,0658	0,2876	0,7071	0,7362	0,4025
12	1,0176	0,3314	0,7255	0,7952	0,3445

<b>Cuadro 6.3. Impulso de la Inflación</b>					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	1,6460	-0,0950	0,4017	1,0054
1	0,0730	1,5327	-1,7363	0,4567	-0,3678
2	0,0961	1,4410	-0,8314	0,4270	-1,0140
3	0,0965	1,3611	-0,7902	0,3604	-1,2992
4	0,0874	1,2876	-0,7525	0,2808	-1,4052
5	0,0752	1,2184	-0,7167	0,1993	-1,4221
6	0,0631	1,1523	-0,6787	0,1216	-1,3950
7	0,0512	1,0890	-0,6426	0,0501	-1,3464
8	0,0441	1,0260	-0,6056	-0,0142	-1,2875
9	0,0359	0,9716	-0,5680	-0,0711	-1,2241
10	0,0307	0,9136	-0,5305	-0,1206	-1,1595
11	0,0270	0,8603	-0,4930	-0,1633	-1,0950
12	0,0250	0,8096	-0,4556	-0,1991	-1,0315

<b>Cuadro 6.4. Impulso del M3 Real</b>					
T	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	0,0000	2,1848	0,5546	-0,0472
1	-0,0073	0,1259	2,0458	0,6699	0,1395
2	-0,0067	0,2397	1,9125	0,7863	0,2011
3	-0,0044	0,3440	1,7824	0,8930	0,1531
4	-0,0034	0,4398	1,6551	0,9849	0,0636
5	-0,0047	0,5279	1,5303	1,0608	-0,0433
6	-0,0085	0,6082	1,4081	-0,8797	-0,1557
7	-0,0148	0,6814	1,2890	3,1642	-0,2670
8	-0,0231	0,7471	1,1730	1,1934	-0,3743
9	-0,0332	0,8058	1,0608	1,2093	-0,4759
10	-0,0448	0,8574	0,9525	1,2129	-0,5707
11	-0,0571	0,9024	0,8484	1,2053	-0,6582
12	-0,0703	0,9406	0,7487	1,1879	-0,7381

<b>Cuadro 6.5. Impulso de Prést/Dep</b>					
T	PIB	0	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	0,0000	0,0000	2,2941	1,3504
1	-0,0189	0,0284	-0,0993	2,1929	0,6694
2	-0,0540	0,0549	-0,1976	2,0533	0,2818
3	-0,0949	0,2759	-0,2906	1,8961	0,0588
4	-0,1359	-0,1098	-0,3765	1,7311	-0,0827
5	-0,1748	0,0975	-0,4544	1,5642	-0,1837
6	-0,2104	0,0981	-0,5238	1,3986	-0,2495
7	-0,2422	0,0924	-0,5850	1,2361	-0,2956
8	-0,2699	0,0810	-0,6380	1,0782	-0,3275
9	-0,2938	0,0644	-0,6829	0,9256	-0,3456
10	-0,3138	0,0434	-0,7204	0,7790	-0,3538
11	-0,3301	0,0185	-0,7506	0,6401	-0,3529
12	-0,3429	-0,0097	-0,7737	0,5050	-0,3459

<b>Cuadro 6.6. Impulso del TCRM</b>					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,0239
1	0,1505	-0,0458	0,0596	0,2941	2,6410
2	0,2130	-0,0587	0,0840	0,4308	1,4420
3	0,2326	-0,0561	0,0903	0,4887	0,8308
4	0,2315	-0,0464	0,0878	0,5074	0,5117
5	0,2172	-0,0341	0,0807	0,5004	0,3385
6	0,2091	-0,0210	0,0756	0,5012	0,2386
7	0,1891	-0,0082	0,0568	0,4787	0,1759
8	0,1724	0,0035	0,0502	0,4597	0,1327
9	0,1560	0,0142	0,0393	0,4390	0,1002
10	0,1404	0,0238	0,0286	0,4176	0,0738
11	0,1257	0,0322	0,0181	0,3957	0,0514
12	0,1117	0,0395	0,0080	0,3736	0,0320

## 7.2 Funciones impulso respuesta ortogonalizadas acumuladas

<b>Cuadro 6.7. Impulso del PIB</b>					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	1,6888	0,0141	-0,1859	-0,0368	0,42294
1	3,3054	0,0257	-0,2267	-0,0218	0,9693
2	4,8561	0,0117	-0,1363	0,0573	1,5797
3	6,3454	0,0689	0,0709	0,2078	2,2192
4	7,7762	0,1138	0,3818	0,4338	2,8655
5	9,1508	0,1819	0,7830	0,7373	3,5032
6	10,4709	0,2782	1,2621	1,1186	4,1206
7	11,7380	0,4071	1,8074	1,5766	4,7082
8	12,9533	0,5719	2,4079	2,1091	5,2584
9	14,1178	0,7775	3,0532	2,7135	5,7646
10	15,2326	1,0205	3,7339	3,3859	6,2213
11	16,2984	1,3081	4,4410	4,1221	6,6238
12	17,3160	1,6395	5,1665	4,9173	6,9683

<b>Cuadro 6.8. Impulso de la Inflación</b>					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	1,6460	-0,0950	0,4017	1,0054
1	0,0730	3,1787	-1,8313	0,8584	0,6376
2	0,1691	4,6197	-2,6627	1,2854	-0,3764
3	0,2656	5,9808	-3,4529	1,6458	-1,6756
4	0,3530	7,2684	-4,2054	1,9266	-3,0808
5	0,4282	8,4868	-4,9221	2,1259	-4,5029
6	0,4913	9,6391	-5,6008	2,2475	-5,8979
7	0,5425	10,7281	-6,2434	2,2976	-7,2443
8	0,5866	11,7541	-6,8490	2,2834	-8,5318
9	0,6225	12,7257	-7,4170	2,2123	-9,7559
10	0,6532	13,6393	-7,9475	2,0917	-10,9154
11	0,6802	14,4996	-8,4405	1,9284	-12,0104
12	0,7052	15,3092	-8,8961	1,7293	-13,0419

<b>Cuadro 6.9. Impulso del M3 Real</b>					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	0,0000	2,1848	0,5546	-0,0472
1	-0,0073	0,1259	4,2306	1,2245	0,0923
2	-0,0140	0,3656	6,1431	2,0108	0,2934
3	-0,0184	0,7096	7,9255	2,9038	0,4465
4	-0,0218	1,1494	9,5806	3,8887	0,5101
5	-0,0265	1,6773	11,1109	4,9495	0,4668
6	-0,0350	2,2855	12,5190	4,0698	0,3111
7	-0,0498	2,9669	13,8080	7,2340	0,0441
8	-0,0729	3,7140	14,9810	8,4274	-0,3302
9	-0,1061	4,5198	16,0418	9,6367	-0,8061
10	-0,1509	5,3772	16,9943	10,8496	-1,3768
11	-0,2080	6,2796	17,8427	12,0549	-2,0350
12	-0,2783	7,2202	18,5914	13,2428	-2,7731

<b>Cuadro 6.10. Impulso de Prést/Dep</b>					
t	PIB	Inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	0,0000	0,0000	2,2941	1,3504
1	-0,0189	0,0284	-0,0993	4,4870	2,0198
2	-0,0729	0,0833	-0,2969	6,5403	2,3016
3	-0,1678	0,3592	-0,5875	8,4364	2,3604
4	-0,3037	0,2494	-0,9640	10,1675	2,2777
5	-0,4785	0,3469	-1,4184	11,7317	2,0940
6	-0,6889	0,4450	-1,9422	13,1303	1,8445
7	-0,9311	0,5374	-2,5272	14,3664	1,5489
8	-1,2010	0,6184	-3,1652	15,4446	1,2214
9	-1,4948	0,6828	-3,8481	16,3702	0,8758
10	-1,8086	0,7262	-4,5685	17,1492	0,5220
11	-2,1387	0,7447	-5,3191	17,7893	0,1691
12	-2,4816	0,7350	-6,0928	18,2943	-0,1768

<b>Cuadro 6.11. Impulso del TCRM</b>					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,0239
1	0,1505	-0,0458	0,0596	0,2941	7,6649
2	0,3635	-0,1045	0,1436	0,7249	9,1069
3	0,5961	-0,1606	0,2339	1,2136	9,9377
4	0,8276	-0,2070	0,3217	1,7210	10,4494
5	1,0448	-0,2411	0,4024	2,2214	10,7879
6	1,2539	-0,2621	0,4780	2,7226	11,0265
7	1,4430	-0,2703	0,5348	3,2013	11,2024
8	1,6154	-0,2668	0,5850	3,6610	11,3351
9	1,7714	-0,2526	0,6243	4,1000	11,4353
10	1,9118	-0,2288	0,6529	4,5176	11,5091
11	2,0375	-0,1966	0,6710	4,9133	11,5605
12	2,1492	-0,1571	0,6790	5,2869	11,5925

### 7.3 Descomposición de la varianza

<b>Cuadro 6.7.</b> Descomposición de la Varianza para el PIB					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,9948	0,0009	0,0000	.000429	0,0041
3	0,9891	0,0018	0,0000	0,0004	0,0085
4	0,9845	0,0023	0,0000	0,0011	0,0119
5	0,9808	0m0025	0,0000	0,0024	0,0142
6	0,9774	0,0025	0,0000	0,0042	0,0156
7	0,9744	0,0025	0,0000	0,0065	0,0164
8	0,9714	0,0025	0,0000	0,0091	0,0169
9	0,9683	0,0023	0,0000	0,0121	0,0170
10	0,9652	0,0022	0,0000	0,0154	0,0170
11	0,9618	0,0021	0,0001	0,0118	0,0168
12	0,9584	0,0020	0,0003	0,0225	0,0167

<b>Cuadro 6.8.</b> Descomposición de la Varianza para la Inflación					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
1	0,0001	0,9999	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0001	0,9662	0,0030	0,0001	0,0004
3	0,0001	0,9884	0,0101	0,0005	0,0007
4	0,0001	0,9770	0,0208	0,0010	0,0009
5	0,0003	0,9623	0,0348	0,0016	0,0009
6	0,0006	0,9446	0,0516	0,0016	0,0009
7	0,0012	0,9244	0,0710	0,0025	0,0008
8	0,0020	0,9021	0,0922	0,0027	0,0007
9	0,0034	0,8780	0,1149	0,0029	0,0007
10	0,0052	0,8526	0,1386	0,0028	0,0006
11	0,0076	0,8262	0,1626	0,0027	0,0006
12	0,0107	0,7993	0,1867	0,0025	0,0006

<b>Cuadro 6.9.</b> Descomposición de la Varianza para el M3 Real					
t	PIB	inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
1	0,0060	0,1580	0,8358	0,0000	0,0000
2	0,0033	0,1571	0,8382	0,0009	0,0003
3	0,0029	0,1570	0,8360	0,0032	0,0007
4	0,0045	0,1573	0,8300	0,0070	0,0009
5	0,0081	0,1577	0,8208	0,0122	0,0011
6	0,0133	0,1578	0,8089	0,0186	0,0012
7	0,0199	0,1576	0,7947	0,0262	0,0013
8	0,0276	0,1571	0,7789	0,0348	0,0013
9	0,0363	0,1563	0,7618	0,0442	0,0013
10	0,0453	0,1552	0,7438	0,0542	0,0012
11	0,0548	0,1537	0,7254	0,6460	0,0012
12	0,0644	0,1520	0,7069	0m0753	0,0011

<b>Cuadro 6.10.</b> Descomposición de la Varianza para el Prést/Dep					
t	PIB	Inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
1	0,0002	0,0281	0,0536	0,9179	0,0000
2	0,0001	0,0327	0,0670	0,8923	0,0076
3	0,0004	0,0334	0,0833	0,8662	0,0164
4	0,0014	0,0320	0,1020	0,8404	0,0240
5	0,0031	0,0296	0,1225	0,8445	0,0299
6	0,0059	0,0270	0,1442	0,7888	0,0346
7	0,0096	0,0245	0,1646	0,7613	0,0382
8	0,0145	0,0223	0,1882	0,7338	0,0410
9	0,0205	0,0206	0,2095	0,7060	0,0431
10	0,0277	0,0193	0,2297	0,6783	0,0447
11	0,0360	0,0185	0,2484	0,6510	0,0459
12	0,0454	0,0180	0,2654	0,6243	0,0467

<b>Cuadro 6.11. Descomposición de la Varianza para el TCRM</b>					
t	PIB	Inflación	M3 Real	Prést / Dep	TCRM
1	0,0063	0,0358	0,0001	0,0645	0,8932
2	0,0132	0,0317	0,0008	0,0625	0,8913
3	0,2138	0,0547	0,0017	0,0592	0,8629
4	0,0295	0,0908	0,0022	0,0553	0,8220
5	0,0370	0,1291	0,0021	0,0522	0,7793
6	0,0435	0,1644	0,0020	0,0501	0,7397
7	0,0490	0,1950	0,0024	0,0489	0,7045
8	0,0533	0,2200	0,0037	0,0484	0,6736
9	0,0567	0,2420	0,0061	0,0484	0,6466
10	0,0591	0,2593	0,0098	0,0487	0,6228
11	0,0606	0,2733	0,0150	0,0491	0,6017
12	0,0614	0,2844	0,0216	0,0496	0,5828