



TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY



TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY

**Biblioteca**  
Campus Ciudad de México

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de  
Monterrey

Campus Ciudad de México

*Modelo Regulatorio Óptimo para la Banca Comercial en  
México.*

TESIS PARA RECIBIR EL TÍTULO DE DOCTORADO EN CIENCIAS  
FINANCIERAS QUE PRESENTA

*César Armando Cortés Guerrero*

Director de tesis: Dr. Francisco Venegas Martínez.

CoDirector: Dr. Arturo Pérez Mendoza.

Lectores: Dr. Francisco Ortiz Arango y Dr. Igor Patricio Rivera  
González.

*México D.F., 06 de Abril de 2010.*



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

Instituto Tecnológico y de Estudios  
Superiores de Monterrey

Campus Ciudad de México

*Modelo Regulatorio Óptimo para la Banca  
Comercial en México.*

Tesis para recibir el título de Doctorado en Ciencias Financieras que  
presenta:

*César Armando Cortés Guerrero*

Director de tesis: Dr. Francisco Venegas Martínez.

CoDirector: Dr. Arturo Pérez Mendoza.

Lectores: Dr. Francisco Ortiz Arango y Dr. Igor Patricio Rivera  
González.

*México D.F., 06 de Abril de 2010*



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
Campus Ciudad de México

**Modelo Regulatorio Óptimo para la Banca  
Comercial en México.**

Tesis para recibir el título de Doctorado en Ciencias Financieras  
que presenta:

**César Armando Cortés Guerrero**

Director de tesis: Dr. Francisco Venegas Martínez.

CoDirector: Dr. Arturo Pérez Mendoza.

Lectores: Dr. Francisco Ortiz Arango y Dr. Igor Patricio Rivera  
González.

México D.F., 06 de Abril de 2010.

## **Resumen.**

En este trabajo se evalúa el marco regulatorio sobre el requerimiento mínimo de capital de la banca comercial en México. Para ello se desarrollan dos modelos dinámicos que muestran el nivel de implicación que tiene el marco regulatorio actual sobre el valor de la banca y el crecimiento de este sector en la economía. El primero es un modelo de generaciones traslapadas que permite analizar los efectos regulatorios sobre el índice de capitalización. El segundo es un modelo de programación dinámica que considera el nivel de toma de riesgos en las decisiones de otorgamiento de créditos mediante un Valor en Riesgo (VaR) al 99.9% de confianza. Por último, se aplican estos modelos propuestos al caso mexicano y se discuten los resultados en el marco de la regulación financiera actual.

# **Índice.**

## **1. Introducción.**

## **2. Planteamiento del problema.**

2.1 Unidad de análisis.

2.2 Identificación de variables críticas e hipótesis.

2.3 Objetivos.

2.4 Justificación del estudio.

2.5 Alcance y limitaciones.

2.6 Preguntas de investigación.

## **3. Antecedentes.**

3.1 Marco regulatorio en el ámbito mundial.

3.2 Marco regulatorio en México.

3.3 Marco teórico.

## **4. Planteamiento de los modelos.**

4.1 Modelo de generaciones traslapadas.

4.2 Modelo de programación dinámica.

## **5. Evaluación de resultados.**

## **6. Conclusiones.**

## **7. Bibliografía.**

## **Apéndice.**

# 1. Introducción.

Muchos países han instrumentado en las últimas décadas diversas políticas en materia de desregulación al sector bancario y México no es la excepción. La regulación se justifica sobre la base de las fallas en el mercado y de la importancia de preservar la estabilidad en el sistema financiero.

Actualmente, los requerimientos de capitalización han adquirido una mayor importancia, la cual se explica por el índice de capitalización de la banca. Adicionalmente, la experiencia de las crisis bancarias en varios países en las últimas décadas ha originado que tanto reguladores como supervisores, incluso los propios bancos y probablemente sus accionistas, estén más preocupados sobre la importancia del índice de capitalización. Tanto el Acuerdo de Basilea en materia de capitalización (Basilea I y II) como las propuestas del Comité de Basilea en materia de supervisión bancaria incluyen los requerimientos mínimos de capitalización. Los balances contables de los bancos muestran que la mayoría mantiene un índice de capitalización por encima del mínimo requerido. Sin embargo, un mejor entendimiento de cómo estos excedentes de capital son determinados y cómo varían entre los bancos comerciales a lo largo del tiempo, nos puede ayudar a proponer una mejora en la regulación.

Diversos estudios muestran que los bancos mantienen un excedente en su índice de capitalización para evitar los costos relacionados con la disciplina del mercado e intervención por parte de supervisores en caso de acercarse o caer por debajo del mínimo requerido, véase por ejemplo, Furfine (2000). Un banco pobremente capitalizado corre el riesgo de perder la confianza del mercado y su reputación. Por consiguiente, el excedente de capitalización actúa como un seguro contra los costos de incurrir en pérdidas no esperadas de créditos y dificultades en atraer nuevo capital. Si este argumento sobre "el seguro contra caer por debajo del mínimo requerido" es importante, es de esperarse que el excedente de capital varíe positivamente con la incertidumbre.

Las pérdidas no esperadas por créditos puede deberse a las asimetrías de información en la relación prestamista-prestatario. En este último caso, estudios de crédito más extensivos pueden ayudar a los bancos a entender mejor el riesgo que involucra cada proyecto. Sin embargo, las áreas de investigación y monitoreo de crédito son muy costosas; por lo que los bancos deben balancear el costo-beneficio de estas actividades contra el costo de mantener un excedente de capitalización. En presencia de economías de escala en cuestión de investigación y monitoreo en un banco, es de esperarse que bancos grandes sustituyan en menor medida estas actividades con excedente de capital. Por otro lado, puede darse que el tamaño del banco tenga un efecto negativo en el excedente de capital. Esto se puede deber al efecto diversificación. El argumento es que la diversificación del portafolio reduce la probabilidad de tener una caída en el índice de capitalización, y la diversificación aumenta con el tamaño del banco. Una tercera razón de que el tamaño puede tener un efecto negativo es por la hipótesis de "demasiado grande para caer". Si los bancos grandes esperan apoyo por parte de las autoridades en caso de enfrentar dificultades, lo que no es igual en caso de bancos pequeños, es de esperarse que los bancos grandes mantengan un excedente de capitalización menor.

Estudios realizados por Koehn y Santomero (1980), Kim y Santomero (1988), Rochet (1992) y Freixas y Rochet (1997), muestran que bancos con un bajo índice de capitalización escogen un portafolio de inversión más riesgoso y menos diversificado. Por lo tanto, se encuentra una relación negativa entre riesgo y excedente de capitalización.

Según Furfine (2001), cambios en materia de supervisión bancaria afectan los niveles de capitalización. Es de esperarse que ante un aumento en la supervisión por parte de autoridades reguladoras se incremente el índice de capitalización. Más aún, un banco puede utilizar su excedente de capitalización como una señal de solvencia o probabilidad de no tener problemas financieros. Por lo anterior, el excedente de capitalización puede servir como un instrumento mediante el cual el banco está dispuesto a pagar por ello con la finalidad de competir por depósitos y fondeo en el mercado de dinero. Es de suponerse que los bancos están atentos a los excedentes de capitalización de sus competidores. Berger

(1995) concluye que los bancos mantienen un excedente de capitalización con la finalidad de explotar oportunidades de inversión no esperadas.

En un escenario de deterioro económico del país, existe mayor probabilidad de que el riesgo se incremente y también de que se materialice; por lo que el requerimiento de capital debe aumentar. Se espera que los bancos respondan ante esto reduciendo su oferta de nuevos créditos, y que esto impida el crecimiento económico y amplifique el ciclo económico. Lo opuesto se espera que suceda en caso de auge económico. Los bancos pueden utilizar su excedente de capitalización para agravar o incrementar los efectos cíclicos de la economía. Como resultado de su evaluación del riesgo futuro y de las oportunidades de inversión del presente contra las del futuro, es claro el interés de analizar la relación entre el excedente de capitalización y el crecimiento económico. En consecuencia, dentro de un marco conceptual de optimización, los bancos deben balancear sus ganancias de mantener un excedente de capital contra los costos de mantenerlo.

La eficiencia en los bancos comerciales es esencial en una economía. La evidencia sugiere que las economías emergentes tienen sistemas bancarios que están propensos a fallas y son ineficientemente pequeños. Si como regulador se busca imponer estándares altos de capital para reducir la posibilidad de una falla en el sistema bancario, los bancos comerciales pueden dejar la industria, reduciendo un sistema que ya es ineficientemente pequeño. Incentivar la entrada de nuevos participantes puede mitigar parte de este problema, pero los nuevos bancos estarían más propensos a fallas y a la toma de mayores riesgos. El resultado que se espera es que en economías emergentes como México, tener un sistema bancario eficiente es deseable en lugar de requerir niveles significativos de estabilidad.

En diferentes niveles, las economías emergentes han tomado medidas para privatizar sus sistemas bancarios para mejorar su eficiencia operativa. Sin embargo, este movimiento hacia la privatización ha sido acompañado por un incremento en inestabilidad, como fue el caso de México con la crisis bancaria de 1994. Como resultado, el tema de estabilidad bancaria en economías emergentes ha recibido mucha atención. Por otro lado, la eficiencia en el sistema bancario es también un tema importante.

La combinación de inestabilidad e ineficiencia puede reflejarse en dificultades de crecimiento en una economía y puede ser el resultado de políticas equivocadas que enfatizan la estabilidad bancaria sobre la eficiencia; políticas que irónicamente pueden hacer al sistema bancario más inestable. El punto importante es alcanzar un marco regulatorio óptimo donde simultáneamente se alcancen ambos objetivos.

Un grado de inestabilidad bancaria puede ser deseable simplemente porque las políticas dirigidas a sólo alcanzar estabilidad bancaria son muy costosas para la sociedad.

**Proposición 1** (*Requerimiento de capital regulatorio óptimo*): *No es óptimo para el regulador forzar a los bancos incumplidos a salir de la industria. Sabiendo esto, los bancos sólo incrementan su capital siempre que éstos decidan hacerlo en ausencia de incrementar los requerimientos.*

Demostración:

Cuando los bancos son privados, es decir, cuando están controlados por sus propietarios, aún con una alta composición de créditos de baja calidad, la autoridad reguladora pierde efectividad en su política si decide forzar a los bancos a incrementar su capital si no es del interés privado incrementarlo. Por lo tanto, imponer un incremento al nivel de requerimiento de capital puede forzar una reducción en el tamaño del sistema bancario, lo cual tiene una consecuencia en la pérdida del valor de la firma.

Desde luego, los propietarios de los bancos desearían incrementar su capital, ya que se reduce la posibilidad de incumplimiento y se incrementan sus posibilidades de negocio con los cuales ellos puedan incrementar el valor de su firma. Sin embargo, según Gorton y Winton (1997), los propietarios típicamente tienen menos que ganar de incrementar su capital que la sociedad, así el incremento en el valor privado es menos al incremento en el valor social, y los costos privados son más altos que los costos sociales.

**Proposición 2** *La gran sensibilidad al riesgo en el régimen de capitalización puede causar volatilidad adicional en la actividad económica, algunas veces citada como problema procíclico. En particular, los requerimientos de capitalización pueden incrementar cuando una economía cae en una recesión, y disminuir cuando la economía entra en expansión. El incremento en los requerimientos de capital durante una caída puede resultar en un choque en el crédito y por consiguiente empeorar las condiciones de por sí adversas.*

Demostración:

En la práctica la mayoría de los bancos tienden a mantener una cantidad significativa de capital por encima del requerimiento regulatorio. Ya sea por razones de eficiencia o como colchón para prevenir contingencias (eventos adversos o multas por parte de los reguladores).

Es de particular interés en este trabajo investigar cómo los bancos ajustan su comportamiento ante situaciones de riesgo. En otras palabras, se desea modelar una estrategia activa en su portafolio de inversión. De igual forma, se pretende identificar las implicaciones de la dinámica en el marco regulatorio.

Dado el avance en la administración de riesgo en el Sistema Bancario en México y el contexto regulatorio internacional, se vuelve imperativo el desarrollo de modelos internos que reflejen las características actuales en México. De esta forma las ventajas de las nuevas medidas propuestas por Basilea podrían ser utilizadas óptimamente en México. Se propone un modelo dinámico estocástico en el cual el banco maximice el valor de los accionistas mediante el otorgamiento de créditos. Una cartera de créditos muy grande genera bajo rendimiento, pero está asociada a un menor riesgo debido al beneficio de la diversificación. Cada banco escoge su estructura de capital óptima, enfrentándose al intercambio entre ganancias en la inversión en el primer periodo y valor futuro del banco. En equilibrio, la razón de apalancamiento, la estrategia en el otorgamiento de créditos y la probabilidad de incumplimiento son determinadas conjuntamente.

## **2. Planteamiento del problema.**

### **2.1. Unidad de análisis.**

El principal objetivo de la investigación es proponer un marco regulatorio óptimo para los bancos comerciales donde se maximice el rendimiento mediante la eficiente composición de su portafolio de inversión y se desincentive las actividades de arbitraje regulatorio que resulten en mayor toma de riesgo.

### **2.2 Identificación de variables críticas e hipótesis.**

En esta investigación se busca desarrollar un modelo del mercado financiero y diseñar un mecanismo para regularlo. Con base en herramientas de control óptimo, tomando como variable de control los límites regulatorios vigentes (riesgo cambiario, requerimientos de liquidez y capital) se evalúan los efectos en la composición del portafolio (donde se incluyan operaciones activas y pasivas) y el desarrollo del sistema bancario.

Se utilizará un modelo macrodinámico con micro fundamentos sobre el comportamiento de los bancos comerciales. Se empleará una versión dinámica del modelo seminal de Holmstrom y Tirole (1997) para interpretar el comportamiento de dichos bancos. Uno de los aspectos que se piensa agregar al modelo de Holmstrom y Tirole es considerar la acumulación de capital y valor neto, así como incluir a la tasa de interés como una variable endógena en el proceso de optimización de los bancos. Es de interés primordial incluir las tasas de interés activa y pasiva ya que la brecha entre éstas es determinante en la maximización de sus ingresos.

Se desarrollarán dos modelos para analizar el efecto regulatorio del requerimiento de capitalización. El primero es un modelo dinámico estocástico en el cual el banco maximiza el valor de los accionistas mediante el otorgamiento de créditos y el segundo es un

problema de programación dinámica en donde el banco maximiza el valor esperado para sus accionistas. La incertidumbre en el valor futuro del banco proviene tanto de la incertidumbre sobre el estado futuro de la economía y el riesgo en los activos del banco. Se impone como límite al índice de capitalización. El nivel de capitalización del banco debe estar por encima de este requerimiento mínimo. El problema de programación incluye la política de dividendos. Así, la hipótesis de trabajo es que la determinación de un marco regulatorio óptimo permitirá tener un sistema bancario más eficiente, alcanzando mayores niveles de utilidad con niveles de riesgo controlados a un nivel deseado.

## **2.3 Objetivos.**

El primer objetivo de este trabajo de investigación es llevar a cabo un análisis amplio de la administración del riesgo VaR conservando los estándares económicos de las expectativas racionales, maximización de la utilidad y condiciones de eficiencia en el mercado. En particular, el trabajo se enfocará en las implicaciones del VaR (Valor en Riesgo del inglés Value at Risk) en la decisión óptima del portafolio, nivel de riqueza y precios de equilibrio. Es de particular interés insertar los objetivos de la administración de riesgo en un marco de maximización de la utilidad. Reconociendo que la administración del riesgo no es típicamente el objetivo primario de los agentes, la investigación se enfocará en la elección del portafolio bajo una situación de mercados completos, donde la aportación novedosa en el análisis es asumir que los agentes pueden limitar sus riesgos cuando maximizan su utilidad esperada.

En este estudio no se tratará a la maximización de la utilidad esperada y la administración del riesgo como actividades mutuamente exclusivas, sino que se unen dentro del problema de optimización. Más aún, en este trabajo se tocarán los temas relacionados con VaR en un modelo de equilibrio general dinámico.

## **2.4 Justificación del estudio.**

En años recientes se ha observado un incremento sin precedentes en las prácticas de administración de riesgos a través del Valor en Riesgo (VaR) como el estándar de la industria tanto como por elección como por regulación (véanse: Jorion (1997), Dowd (1998), Saunders (1999)). El VaR describe la máxima pérdida potencial que se puede presentar en un cierto periodo, a un nivel de confianza definido, originado por la exposición al riesgo de mercado. La amplia utilización para administrar el riesgo basado con el VaR tanto en el ámbito financiero como no financiero se debe a que ésta es una medida de fácil interpretación del riesgo y también permite a los usuarios atender las “condiciones del mercado”, modeladas bajo el supuesto de una distribución normal, en sus operaciones rutinarias. La evidencia muestra que en la práctica la estimación del VaR no sólo sirve como estadística para los tomadores de decisiones en una organización, sino también es una herramienta para administrar y controlar el riesgo. Sorprendentemente, en el ámbito académico se ha pasado por alto este hecho; al día de hoy, no se cuenta con rigurosa entendimiento de sus implicaciones económicas y, en particular, poco se conoce sobre un comportamiento óptimo consistente en una administración del riesgo VaR.

## **2.5 Alcance y limitaciones.**

La información imperfecta genera dos problemas principales en el mercado financiero:

1) Selección adversa. El problema de selección adversa surge cuando los proyectos de inversión más riesgosos desplazan a los proyectos menos riesgosos. El problema de selección adversa es especialmente serio en el mercado financiero, ya que las inversiones de alto riesgo por lo general tienen un mayor rendimiento esperado.

2) El problema de riesgo moral (moral hazard) se presenta porque los intermediarios financieros pueden realizar acciones como monitorear sus inversiones para reducir el riesgo en sus portafolios. Aún cuando los intermediarios ofrezcan un contrato con un nivel específico de riesgo, ellos mismos tienen un incentivo para incurrir en mayor riesgo si no existe ninguna manera de verificarlo. El problema de riesgo moral en la industria financiera es el riesgo causado por la negligencia de los intermediarios.

## **2.6 Preguntas de Investigación.**

¿Qué impacto tendrá en el sistema bancario un esquema regulatorio óptimo?

¿Cómo se pueden reducir los problemas de arbitraje regulatorio?

¿Se puede reducir el problema de riesgo moral y selección adversa que se presenta en los bancos comerciales con un esquema de monitoreo óptimo?

¿Se podría incrementar la competitividad en el sistema bancario con la adopción de un esquema regulatorio óptimo?

## **3. Antecedentes.**

### **3.1 Marco regulatorio en el ámbito mundial.**

El acuerdo de Basilea, concluido el 15 de julio de 1988, es el acuerdo internacional para regular los bancos comerciales activos. Este instituto estableció por primera vez niveles mínimos de capital que deben mantener los bancos contra los riesgos financieros.

Inicialmente, los cargos al capital estaban basados en un grupo de reglas estándar y rígidas definidas por el Comité de Basilea en Supervisión Bancaria (BCBS). Estas ponderaciones por tipo de riesgo y tiempo que determinan el requerimiento de capital, primero cubrieron el riesgo de crédito y después los riesgos de mercado. Las últimas reglas del Comité de Basilea, llamadas Basilea II, y finalizadas en junio de 2004, representan una revisión extensiva de las ponderaciones al capital que originan requerimientos de capital con mayor sensibilidad a los factores de riesgo. Las nuevas reglas también añaden una carga por los riesgos operativos. Basilea II representa un avance importante en la medición de riesgo y avala las prácticas desarrolladas por la industria para administrar el riesgo.

El acuerdo de Basilea fue aprobado por todos los miembros del Comité y está avalado por los Gobernadores de los Bancos Centrales y Responsables de la Supervisión Bancaria en los países miembros del G-10. A pesar de que sólo aplica a los bancos activos dentro del G-10, estos requerimientos mínimos de capital han sido aplicados a los bancos en más de 100 países. Los reguladores en Estados Unidos intentan aplicar Basilea II sólo en los 10 bancos más grandes. En contraste en la Unión Europea intentan hacerla ley y aplicarla a todos los bancos dentro de la Unión.

El objetivo original del Acuerdo de Basilea de 1988, implementado en 1992, fue el proveer de un grupo de requerimientos mínimos de capital para los bancos comerciales. El primer objetivo fue promover un seguro y sano desarrollo del sistema financiero global y crear un

nivel adecuado de toma de riesgos en los bancos comerciales. Las ponderaciones por tipo de riesgo cargadas al capital fueron diseñadas para dar un mayor consumo de capital para los activos más riesgosos. En un inicio, sólo se cubrió el riesgo de crédito. El Acuerdo estableció un nivel mínimo de capital como un índice del total de activos sujetos al riesgo, que incluye los activos tanto dentro como fuera de balance. Los bancos tienen que mantener un nivel de capital que cubra al menos 8% de los activos sujetos a riesgo. El propósito de este capital es de funcionar como reserva en contra de pérdidas financieras no esperadas, con esto proteger a los depositantes y a los mercados financieros.

En 1996 el Comité de Basilea modificó el Acuerdo de Capital para incorporar los riesgos de mercado. Esta modificación, implementada a finales de 1997, añadió una carga al capital por riesgo de mercado. Los bancos pueden utilizar ya sea el modelo estandarizado o un modelo interno, basado en sus propios sistemas de administración de riesgos. La modificación separó los activos del banco en dos categorías, el libro de negociación (Trading book) y conservados a vencimiento (Banking book). El Trading book representa el portafolio de instrumentos que están intencionalmente mantenidos para su venta a corto plazo y típicamente valuados a mercado. El Banking book consiste de otros instrumentos, primordialmente la cartera de créditos, que son mantenidos a vencimiento y típicamente valuadas a costo histórico. La modificación de 1996 añadió un cargo de capital por (1) riesgo de mercado del Trading book, y (2) riesgo de tipo de cambio y commodities del Banking book. Por otro lado, el cargo por riesgo de crédito excluye los títulos de deuda y accionarios en el Trading book y las posiciones en commodities. Se mantiene la inclusión de todos los derivados OTC en el libro tanto de Trading como Banking. Los mercados financieros han enfrentado enormes cambios desde el Acuerdo de Capital que inició en 1988. Las ponderaciones por riesgo de crédito no están actualizadas y, aún peor, pueden estar promoviendo actividades no sanas en los bancos.

En Junio de 2004 el Comité de Basilea finalizó la revisión amplia al Acuerdo de Basilea. La fecha de implementación se definió a finales de 2006, dejando un periodo para adecuar los sistemas internos a las nuevas reglas. Para los enfoques más avanzados de riesgo de crédito y operativo, se definió como fecha de implementación a finales de 2007.

El nuevo marco se basa en tres pilares:

Pilar 1: Requerimiento Mínimo de Capital, este implica cubrir los riesgos de mercado, crédito, y operativo. El BCBS mantiene constante el nivel total de capital en el sistema bancario global, como 8% de los activos sujetos a riesgo.

Pilar 2: Revisión al proceso de supervisión. Los supervisores necesitan asegurarse de que: los bancos 1) hayan instaurado un proceso para fijar su capital en relación a los riesgos, 2) operen por encima del índice mínimo de capitalización establecido como regulación y 3) realicen las acciones correctivas tan pronto como sea posible en caso de algún problema.

Pilar 3: Disciplina del Mercado. Se enfatiza la importancia de la información completa al público como son los estados financieros. Con esto se busca que los participantes en el mercado puedan evaluar adecuadamente el perfil de riesgo de los bancos y el nivel adecuado de capital con relación a sus posiciones.

El Nuevo Acuerdo provee de una medida más adecuada y actualizada del riesgo de crédito, lo que generará un menor requerimiento de capital. Sin embargo, nuevas cargas al capital se definieron por riesgo operacional. El índice de capitalización se mide de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Capital Total}}{\text{Riesgo de Crédito} + \text{Riesgo de Mercado} + \text{Riesgo Operacional}} = \text{Índice de Capitalización} > 8\%$$

## 3.2 Marco regulatorio en México.

La mayoría de los bancos comerciales en México mantienen un índice de capitalización por encima del nivel mínimo requerido conforme a los lineamientos establecidos en materia de requerimientos de capitalización (Basilea II). A continuación se muestran datos mensuales de los bancos comerciales de México obtenidos a partir de las bases de datos de autoridades supervisoras en México.

Los datos abarcan el periodo entre el mes de marzo de 2002 al mes de marzo de 2009; es decir 85 meses. En las siguientes gráficas se muestra el comportamiento a lo largo del tiempo de algunas de las variables que conforman el cálculo del Índice de Capitalización. En virtud a la crisis de 1994, muchos bancos vieron su capital disminuido lo que se ve reflejado hasta finales de 1997. De ahí, que se haya decidido mostrar los datos durante el periodo de recuperación y estabilidad bancaria.

Al mes de marzo de 2009, la banca múltiple en México está conformada por 41 bancos los cuales se pueden clasificar en 3 grupos con respecto al tamaño del capital. Se definen de la siguiente manera:

Bancos grandes: Capital Neto > \$20,000 millones de pesos.

Bancos medianos: \$20,000 millones de pesos > Capital Neto > \$2,000 millones de pesos.

Bancos pequeños: \$2,000 millones de pesos > Capital Neto.

El índice de capitalización en promedio de los bancos grandes es de 15.32%. Para los bancos medianos es de 24 por ciento y por último para los bancos pequeños es 46%. (Ver Cuadro 1)

**CUADRO 1.**  
**ÍNDICE DE CAPITALIZACIÓN: PRINCIPALES RESULTADOS DEL CÓMPUTO.**  
**TOTAL DE LA BANCA MÚLTIPLE**  
**FECHA AL MES DE MARZO DE 2009**  
**Cifras en millones de pesos.**

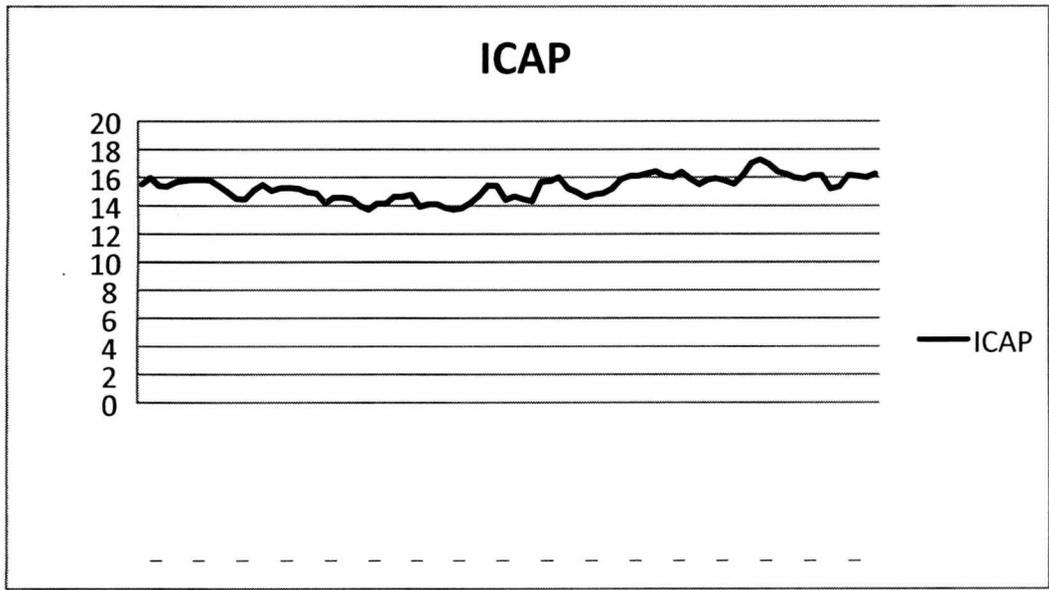
	Institución	ICAP	Capital Neto	Operaciones sujetas a Riesgo
1	BBVA BANCOMER	14.7	115,591	785,900
2	BANAMEX	17.1	100,612	588,063
3	SANTANDER	11.86	67,878	571,928
4	BANORTE	14.63	44,198	301,904
5	INBURSA	21.66	34,081	157,300
6	HSBC	12.39	32,788	264,583
7	SCOTIABANK INVERLAT	14.95	21,801	145,769
8	ING	14.35	7,791	54,270
9	BAJIO	15.83	7,540	47,610
10	AZTECA	12.68	4,824	38,024
11	IXE	17.64	4,355	24,684
12	INTERACCIONES	15.41	3,787	24,569
13	JP MORGAN (CHASE)	24.53	3,652	14,889
14	BAMSA	30.14	3,190	10,585
15	COMPARTAMOS	43.78	3,168	7,235
16	BANREGIO	13.75	2,531	18,403
17	AFIRME	15.22	2,119	13,920
18	DEUTSCHE	59.33	2,047	3,450
19	MIFEL	18.78	1,965	10,460
20	INVEX	15.88	1,787	11,254
21	AMERICAN EXPRESS	13.13	1,784	13,583
22	BANCO MONEX	41.87	1,146	2,738
23	BARCLAYS	15.53	954	6,141
24	BANSI	19.73	924	4,687
25	MULTIVA	13.69	902	6,589
26	FAMSA	10.56	874	8,277
27	RBS	34.71	799	2,301
28	CREDIT SUISSE	28.37	793	2,796
29	VE POR MAS	15.77	784	4,968
30	TOKIO	25.11	712	2,835
31	CONSULTORIA INT BCO	58.45	608	1,040
32	REGIONAL	17.54	455	2,596
33	The Bank of New York	263.93	432	164
34	PRUDENTIAL	165.78	423	255
35	BANCOPPEL	18.25	382	2,093
36	UBS BANK	63.87	366	574
37	VOLKSWAGEN BANK	39.14	360	919
38	AUTOFIN	16.47	354	2,153
39	Banco Amigo	94.22	334	355
40	BANCO FÁCIL	37.27	253	681
41	WAL-MART	30.01	104	348

ICAP: Índice de Capitalización.

Fuente: Banco de México.

En el periodo de marzo 2002 a marzo 2009 el excedente de capitalización en los bancos ha permanecido en un rango constante. El ICAP promedio para este periodo es de 15.29%.  
(Ver Gráfica 1)

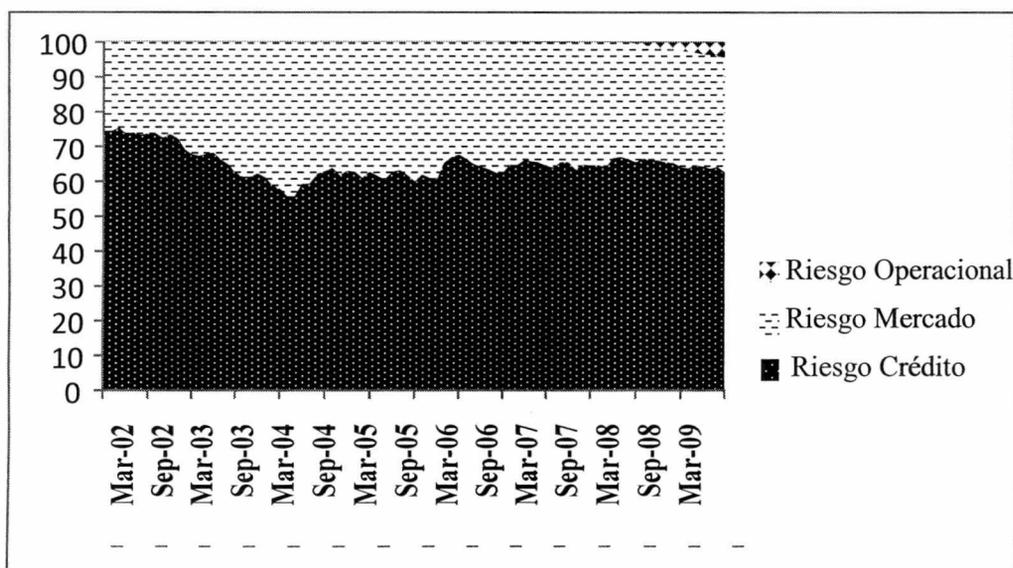
**GRÁFICA 1.**  
**ÍNDICE DE CAPITALIZACIÓN: PRINCIPALES RESULTADOS DEL CÓMPUTO.**  
**TOTAL DE LA BANCA MÚLTIPLE**  
**PERIODO DE MARZO DE 2002 A MARZO DE 2009**  
**Cifras en millones de pesos.**



ICAP: Índice de Capitalización.  
 Fuente: Banco de México.

Esto resulta en un excedente de capitalización en promedio de 7.29 por ciento, lo que equivale a una posible toma de posiciones de riesgo por \$3,125,187 millones de pesos, manteniendo constante el nivel de capital neto al mes de marzo de 2009. Lo anterior refleja un potencial de crecimiento del portafolio en la banca múltiple en México y principalmente en el otorgamiento de créditos ya que este representa en promedio el 65 por ciento del portafolio. (Ver Gráfica 2)

**GRÁFICA 2.**  
**CONFORMACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE CAPITAL POR TIPO DE RIESGO**  
**TOTAL DE LA BANCA MÚLTIPLE**  
**PERIODO DE MARZO DE 2002 A MARZO DE 2009**  
**En Porcentaje**



Fuente: Banco de México.

### 3.3. Marco teórico.

A continuación se presenta una versión dinámica del modelo de Holmstrom y Tirole (1997) en el cual los bancos maximizan sus ingresos y también analizan los efectos en el valor neto de los bancos en el marco de la macroeconomía. En la economía los individuos son clasificados en tres tipos de agentes: emprendedores que financian sus proyectos directamente, aquellos que necesitan fondos mediante créditos bancarios, y las familias. Mientras que las familias y los bancos son oferentes de créditos, los emprendedores son los demandantes. Los emprendedores que financian sus propios proyectos toman los de más alto riesgo, mientras que los individuos que contratan créditos toman los proyectos de bajo riesgo. Las tasas activas y pasivas son determinadas para permitir un equilibrio en el mercado de crédito.

En el modelo anterior hay dos estados estacionarios: sólo uno es estable. Un choque negativo a la productividad reduce el nivel de capital acumulado en el estado estable. Sin embargo, los efectos en el largo plazo del valor neto de los bancos dependen de si está en efecto operando los límites de capital. Si la regulación no está presente, entonces un choque negativo a la productividad afecta el valor neto del banco. Por el contrario, si la economía está bajo regulación, entonces cuando un choque negativo a la productividad ocurre entonces el valor neto de los bancos incrementa gradualmente. Cuando las autoridades financieras incrementan el requerimiento, la economía finalmente alcanza el estado estable con alta producción, sin embargo se presenta una depresión en el corto plazo. No obstante, si los dos choques ocurren simultáneamente, la economía puede caer en una larga y seria crisis.

En este documento de investigación se examinan los efectos macroeconómicos en el corto y largo plazo del valor neto del banco y de las reglas de capitalización regulatorias. En general, los límites regulatorios en el índice de capitalización tienen una función de estabilizar en el sentido de que reducen los efectos macroeconómicos ante choques negativos a la producción. Adicionalmente, al aumentar los límites regulatorios, se incrementa la acumulación de capital a largo plazo aunque puede llevar a la economía a una recesión en el corto plazo. Sin embargo, el tiempo en la introducción de ajustes regulatorios es muy importante. Si las regulaciones se hacen más severas cuando choques negativos a la productividad ocurren, la economía cae en una larga y severa crisis económica. Esto es consistente con el comportamiento que la economía japonesa ha experimentado después de la burbuja económica.

La economía japonesa ha estado en una seria y prolongada crisis económica, la cual es algunas veces llamada como la década perdida. De acuerdo con Hayashi y Prescott (2002), una caída exógena en la productividad puede ser una de las causas de esta crisis. Aunque Hayashi y Prescott no se enfocaron en el canal del crédito, existe un consenso entre muchos economistas e inversionistas que la cartera de créditos irrecuperables o créditos de alto riesgo en la banca japonesa dificulta que la economía salga de esa recesión. Debido a estos

créditos, los índices de capitalización de los bancos japoneses han sido muy bajos; muchos de ellos ligeramente por arriba de los requerimientos de capitalización propuestos por el Bank of International Settlement (BIS). Con la finalidad de dar cumplimiento a estos límites, los bancos han tenido que reducir la cantidad de préstamos a las empresas. La disposición final (depreciar los créditos irrecuperables de los balances) lleva a la reducción de créditos a las pequeñas y medianas empresas, las cuales son consideradas como “deudores con alto riesgo”. Esta reducción, por consiguiente ha generado impactos negativos en la inversión privada y ha detenido la recuperación económica.

En el trabajo “Capital regulation and banks financial decisions” de Zhu (2007) se desarrolla un modelo de equilibrio dinámico que examina el impacto de la transición de un nivel fijo a un nivel con sensibilidad al riesgo del índice de capitalización. Muchas son las implicaciones de esta política. Primero, es importante considerar la influencia potencial de los excedentes (niveles por encima del mínimo requerido) y las decisiones del portafolio. Se muestra que el impacto del régimen de capital difiere sustancialmente entre los bancos. Un requerimiento sensible al riesgo tiende a favorecer a los bancos grandes. Por consiguiente, el ciclo del comportamiento crediticio es más notorio en estos bancos. En contraste, bancos pequeños (y por lo tanto más riesgosos) son sujetos de niveles de capitalización más estrictos bajo este nuevo régimen. Estos tienen que cortar el otorgamiento de créditos sustancialmente en tiempos de expansión, cuando el riesgo tiende a ser mayor ante la ausencia de restricciones regulatorias. Como resultado, el ciclo crediticio de estos bancos es menos volátil bajo un régimen sensible al riesgo. Por último el análisis de Zhu sugiere que la transición puede incrementar los beneficios desde la perspectiva del regulador, ya que mediante el régimen sensible al riesgo se obtiene un mejor balance entre seguridad y eficiencia; y causa menos distorsiones en las decisiones de otorgamiento de créditos. La desventaja de este trabajo es que la tasa de interés libre de riesgo es constante a lo largo del tiempo. No se discute el impacto de la política mediante el cual la regulación sobre el índice de capitalización afecta las decisiones financieras de los bancos.

En el artículo “Financial intermediation, loanable funds, and the real sector” de Bengt Holmstrom y Tirole (1997) se desarrolla un modelo con 3 tipos de agentes: empresas, intermediarios y emprendedores. El modelo considera dos periodos. En el primer periodo los contratos son firmados y las decisiones de inversión son realizadas. En el segundo periodo las ganancias son liquidadas. Los individuos son neutrales al riesgo y sus deudas están limitadas por lo que ninguno puede terminar con una posición negativa. Se permite a los intermediarios variar la intensidad de monitoreo. Los emprendedores tienen la posibilidad de financiar su proyecto sin intermediación, esto es, utilizando financiamiento directo. Esta investigación no contempla el mecanismo de transmisión de los choques reales sobre los valores de las tasas de interés ni el capital. El modelo no considera un planteamiento en materia regulatoria; sin embargo Zhu sugiere desarrollar futuras investigaciones sobre la siguiente lógica: los intermediarios deben satisfacer un índice de capitalización que puede ser pro cíclico; esto es, un razonamiento de normas para bancos en problemas cuando se presenta una recesión.

## 4. Planteamiento de los modelos.

### 4.1 Modelo de generaciones traslapadas.

Se considera una economía de generaciones traslapadas que está compuesta por dos generaciones: los jóvenes y los viejos. Dos tipos de agentes viven en la economía: los emprendedores y las familias. Adicionalmente, la economía tiene productores finales y bancos. La función de producción del bien final se define mediante:

$$Y_t = A_t F(K_t, L_t)$$

Donde  $Y_t$  representa la función de producción del bien final,  $A_t$  es un parámetro de tecnología agregada,  $K_t$  es el capital, y  $L_t$  es el trabajo en el periodo  $t$ . Mientras que los viejos ofrecen el capital, los jóvenes inelásticamente ofrecen una unidad de trabajo. Se supone que el capital se deprecia totalmente dentro de un periodo. Un producto final puede ser consumido o utilizado como insumo para un proyecto. En un equilibrio competitivo, el salario  $w_t$  y la renta del capital  $q_t$  se determinan como sigue:

$$w_t = \frac{\partial A_t F(K_t, L_t)}{\partial L_t},$$
$$q_t = \frac{\partial A_t F(K_t, L_t)}{\partial K_t}$$

Los jóvenes tienen diferentes niveles de productividad, por ejemplo:  $\omega$ . La productividad es uniformemente distribuida entre 0 y 1 ( $\omega \sim U[0,1]$ ). Debido a que el salario recibido por cada joven está basado en su productividad, el salario de cada joven con productividad  $\omega$  está dado por  $\omega w_t$ . Cada joven lleva a cabo su proyecto utilizando sus activos  $\omega w_t$ . Cada proyecto de inversión requiere  $I_t$  unidades de los bienes finales (Unidades de Inversión). Como consecuencia de esto, cada joven que puede ser un emprendedor pero que sus activos

son menores que  $I_t$ , deben incrementar sus fondos externos por  $I_t - \omega w_t$ . De lo contrario, un joven con activos insuficientes para ser un emprendedor se vuelve una familia. La familia tiene dos opciones: depositar sus activos en los bancos o prestárselos directamente a los emprendedores. Existen dos tipos de proyectos: Proyecto 1 (bajo riesgo) y Proyecto 2 (alto riesgo). Se supone que ambos proyectos tienen el mismo rendimiento esperado<sup>1</sup>. Asimismo se supone cada proyecto tiene dos estados (Bueno y Malo). En el estado optimista de la economía, la probabilidad de realizarse es  $p$ ; y en el estado pesimista es  $(1-p)$ .

$$p_2 < p_1, \quad 0 < R_{b2} < R_{b1} < R_{g1} < R_{g2} \quad \text{y} \quad p_1 R_{g1} < p_2 R_{g2}.$$

Donde

$p_1$  es la probabilidad de éxito del proyecto 1.

$p_2$  es la probabilidad de éxito del proyecto 2.

$R_{b1}$  es el rendimiento esperado del proyecto 1 con escenario pesimista.

$R_{b2}$  es el rendimiento esperado del proyecto 2 con escenario pesimista.

$R_{g1}$  es el rendimiento esperado del proyecto 1 con escenario optimista.

$R_{g2}$  es el rendimiento esperado del proyecto 2 con escenario optimista.

Si se sigue el modelo de Holmstrom y Tirole (1997), las familias pueden prestar su capital a los emprendedores directamente así como indirectamente mediante los bancos. El emprendedor vende sus bienes de capital a los productores finales de bienes en  $q_{t+1}$  y paga su obligación.<sup>2</sup> Se supone que si la venta del emprendedor es menor que su obligación, puede declararse en bancarrota. Bajo estos términos de contratos de deuda limitados como en el caso anterior, los prestamistas prefieren proyectos de bajo riesgo mientras que los deudores prefieren proyectos de alto riesgo (ver Apéndice). Se considera que los bancos pueden monitorear a sus deudores; las familias no pueden monitorear las acciones de los deudores debido a las asimetrías de información.

<sup>1</sup> Se supone esto para simplificar la agregación. Sin embargo el modelo de Holmstrom y Tirole (1997) no lo supone. Stiglitz y Weiss (1981) asumen esto por la misma razón.

<sup>2</sup> Se supone que cada emprendedor firma un contrato de deuda para financiar su proyecto.

Bajo las circunstancias anteriores, los emprendedores que obtienen fondos directamente toman proyectos de alto riesgo y aquellos que obtienen sus fondos de forma indirecta llevan a cabo proyectos de bajo riesgo.

Se supone que cada individuo está interesado sólo en su consumo de viejo; en otras palabras, cuando es joven, su consumo no genera ninguna utilidad.<sup>3</sup> Por lo anterior, los jóvenes no consumen nada y utilizan todos sus activos para un proyecto y/o prestarlo. En este modelo, éste es el nivel de salario de cada joven, por ejemplo:  $\omega w_t$ . Su habilidad:  $\omega$ , es lo que determina si es un emprendedor o familia.

A continuación se establece el problema de optimización de cada agente. Primero, se consideran a las familias. Si las familias sólo consumen cuando son viejos, entonces resuelven el siguiente problema:

Maximizar  $E c_{t+1}^h$

s. a.

$$d_t + I_t \leq \omega w_t,$$

$$c_{t+1}^h \leq (1 + \bar{r}_t)d_t + (1 + r_{d,t})I_t$$

donde E es el operador de esperanza,  $c_{t+1}^h$  es el consumo de las familias, y  $I_t$  y  $d_t$  son los préstamos y depósitos, respectivamente.

Si los rendimientos de préstamos y depósitos son diferentes, entonces las familias racionales deberán invertir en los activos más rentables. Por ejemplo, en el caso donde  $\bar{r} > r_d$ , las familias depositan todos sus activos en los bancos y no prestan nada; consecuentemente, no hay emprendedores que obtengan fondos directamente. Por el contrario, si  $\bar{r} < r_d$ , entonces las familias prestan todos sus activos a los emprendedores y no depositan nada. Con la finalidad de eliminar estos casos extremos, se supondrá que la

---

<sup>3</sup> Tanto las familias como los emprendedores no tienen incentivo a posponer consumo para acumular riqueza ya que consumen toda su riqueza en el segundo periodo. En contraste, los bancos utilizan su ganancia neta sobre el costo administrativo para acumular valor neto; por lo tanto, ellos no mantienen nada para el consumo.

tasa en los depósitos es igual a la de los préstamos  $\bar{r} = r_d$ . En otras palabras, el arbitraje de las familias iguala ambas tasas.

Como siguiente paso se considera el comportamiento del emprendedor. El problema del emprendedor se puede escribir de la siguiente manera:

Maximizar  $E c_{t+1}^e$ ,

s.a.

$$I_t \leq \omega w_t + b_t$$

$$c_{t+1}^e \leq \max \{q_{t+1} R I_t - (1 + r_t) b_t, 0\},$$

donde  $c_{t+1}^e$  es el consumo del emprendedor,  $R$  es el rendimiento esperado y  $b_t$  es su obligación (deuda). Si  $b_t$  es negativa, esto implica que el emprendedor mantiene activos en exceso ( $\omega w_t - I_t$ ). Justo como las familias, los emprendedores que tienen exceso de activos, los prestan a otros emprendedores o los depositan en un banco.

Existen dos maneras de financiarse: financiamiento directo o indirecto. Es la habilidad del emprendedor la que determina la forma en que obtiene sus fondos. Primero, se considera el financiamiento directo. Ya que las familias pueden depositar sus activos en los bancos en lugar de prestarlos a los emprendedores, ellos no van a prestar sus activos a estos últimos si el rendimiento de prestarlo es menor al de depositarlo. Por lo tanto, la siguiente restricción debe ser impuesta:

$$p_2(1 + \bar{r}_t)(I_t - \omega w_t) + (1 - p_2)q_{t+1}R_{b2}I_t \geq (1 + \bar{r}_t)(I_t - \omega w_t).$$

Donde

$p_2$  = es la probabilidad de éxito del proyecto 2.

$R_{b2}$  = es el rendimiento esperado del proyecto con escenario pesimista.

Si  $\bar{\omega}_t w_t$  es nivel mínimo del valor neto para los deudores en caso de obtener fondos de manera directa, se tiene que:

$$\bar{\omega}_t w_t = I_t \left[ 1 - \frac{q_{t+1} R_{b2}}{1 + \bar{r}_t} \right].$$

A continuación se considerará el financiamiento indirecto. En este caso, los prestamistas son los bancos. Dichos prestamistas pueden monitorear a los deudores para prevenir que tomen proyectos de alto riesgo. Suponiendo que el monitoreo requiere  $M$  unidades de bien final por préstamo, si se toma a  $r_{i,t}$  como la tasa del préstamo ya que los bancos no ofrecerán préstamos a emprendedores en el caso que el rendimiento del préstamo sea menor que los costos de administrarlo, la siguiente restricción se debe mantener:

$$p_1(1 + r_{i,t})(I_t - \omega w_t) + (1 - p_1)q_{t+1}R_{b1}I_t - M(I_t - \omega w_t) \geq (1 + \bar{r}_t)(I_t - \omega w_t)$$

Donde

$p_1$  = es la probabilidad de éxito del proyecto.

$R_{b1}$  = es el rendimiento esperado del proyecto con escenario pesimista.

Si se define  $\underline{\omega}_t w_t$  como el valor neto mínimo para los deudores en caso de obtener fondos de forma indirecta, la ecuación anterior se transforma en:

$$\underline{\omega}_t w_t = I_t \left[ 1 - \frac{(1 - p_1)q_{t+1}R_{b1}}{1 + \bar{r}_t + M - p_1(1 + r_{i,t})} \right]$$

Como se ha mostrado anteriormente, cada joven cae en uno de los siguientes tres tipos dependiendo de su productividad. En un extremo, los agentes con muy alta productividad,

por ejemplo:  $\omega \geq \bar{\omega}_t$  pueden financiar sus inversiones directamente. En el otro extremo, jóvenes con baja productividad, por ejemplo:  $\omega < \underline{\omega}_t$ , no pueden obtener fondos externos ni llevar a cabo proyectos. Entre los dos extremos, los jóvenes con  $\underline{\omega}_t \leq \omega < \bar{\omega}_t$  pueden financiar sus proyectos indirectamente. Se definirán a los jóvenes con  $\omega \geq \underline{\omega}_t$  como emprendedores y a los jóvenes con  $\omega < \underline{\omega}_t$  como familias.

Por último se consideran los bancos, éstos mantienen su propio valor neto  $N_t$  y captan depósitos de las familias y de los emprendedores que tienen exceso de activos (emprendedores con  $\omega > I_t/w_t$ ) y prestan a emprendedores que necesitan fondos externos para realizar sus proyectos (emprendedores con  $\omega_t \leq \omega < \bar{\omega}_t$ ). Para simplificar el análisis, se supondrá que los bancos no tienen poder en la determinación de la tasa; consecuentemente las dos tasas (financiamiento directo y la tasa de depósitos) son iguales.

Adicionalmente, se supondrá que la autoridad financiera requiere que los bancos satisfagan a cierto índice de capitalización dado por  $\eta$ . En otras palabras, es obligatorio que los bancos mantengan mayor valor neto que el nivel requerido. Si se supone que el banco presta  $n_t$  a un emprendedor de su propio valor neto, entonces, dada la tasa para depósitos, el problema de optimización del banco es el siguiente:

$$\text{Maximizar } \pi_t = \int_0^{\infty} [(1+r_{i,t})(I_t - \omega w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - \omega w_t) - M(I_t - \omega w_t)] dt$$

s.a.

$$\eta \int_0^{\infty} (I_t - \omega w_t) dt \leq N_t,$$

Donde  $\eta$  es índice de capitalización como porcentaje.

Si los bancos prestan todo su valor neto a los deudores, la siguiente relación entre  $N_t$  y  $n_t$  se mantiene:

$$N_t \geq n_t(\bar{\omega}_t - \underline{\omega}_t) .$$

Los bancos tienen su propio valor neto o capital  $N_t$  al periodo  $t$ . Si  $\pi^*$  es la ganancia máxima, la evolución del valor neto  $N$  puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$N_{t+1} = \pi_t^*(K_t, N_t) - cN_t$$

donde  $c(>0)$  es el costo de administración para mantener el valor neto del banco.

A continuación se define el equilibrio. Primero se considerará al mercado de crédito. Mientras los oferentes de crédito son: las familias, los emprendedores con exceso de activos y los bancos, los demandantes son: los emprendedores que no pueden llevar a cabo sus proyectos sin fondos externos. Por lo tanto, la condición para el equilibrio en el mercado de crédito es como sigue:

$$\int_{\underline{w}_t}^{\underline{I}_t} (I_t - w_t) dt = \int_0^{\underline{w}_t} w_t dt + \int_{\underline{I}_t}^1 (w_t - I_t) dt + N_t$$

El lado izquierdo de la ecuación representa la demanda de crédito, y el lado derecho representa la oferta. El primer término de lado derecho son los activos de las familias, el segundo son el exceso de activos de los emprendedores y el tercero es el valor neto del banco. De la condición de primer orden de la maximización de los bancos y de la ecuación anterior se pueden obtener las tasas de préstamos y depósitos de equilibrio en el mercado. La condición de equilibrio en el mercado de capital para el periodo  $t + 1$  está dada por:

$$K_{t+1} = (1 - \omega_{t+1})RI_t$$

De acuerdo con la ecuación anterior, el nivel de capital para el siguiente periodo es igual al número de emprendedores multiplicado por el retorno esperado de los proyectos.

Debido a que la oferta de trabajo es constante, como se muestra en la ecuación anterior, se puede replantear la función de producción del bien final  $Y_t = A_t F(K_t, L_t)$  como  $Y_t = A_t f(K_t)$ . Por lo tanto, el salario y la renta del capital pueden reescribirse como sigue:

$$q_t = A_t f'(K_t),$$

$$w_t = A_t [f(K_t) - K_t f'(K_t)].$$

De las ecuaciones anteriores se obtiene la siguiente relación:

$$K_{t+1} = R(N_t + \frac{1}{2} w_t).$$

Si se sustituyen las expresiones anteriores, se puede obtener la ecuación diferencial de  $K$ :

$$K_{t+1} = R(N_t + \frac{1}{2} A_t [f(K_t) - K_t f'(K_t)]).$$

Esta ecuación junto con las condiciones iniciales  $K_0$  y  $N_0$ , determinan el comportamiento en el tiempo de  $K$  y  $N$ .

A continuación se determina el estado estable y de transición. Para analizar la dinámica del sistema, se forma un sistema en dos dimensiones de las ecuaciones diferenciales. Observe que con la condición  $\Delta K_t \equiv K_{t+1} - K_t = 0$  se forma la siguiente ecuación:

$$N_t = \frac{1}{R} (K_t - \frac{R}{2} A_t [f(K_t) - K_t f'(K_t)]).$$

La condición  $\Delta N_t \equiv N_{t+1} - N_t = 0$  implica que:

$$N_t = \frac{\pi_t^*(N_t, K_t)}{1+c}$$

La Condición de Hamilton-Jacobi-Bellman de programación dinámica estocástica se establece a continuación. Se supone que el banco tiene acceso a destinar sus recursos a

otorgar créditos y el resto en invertirlo en un activo riesgoso, una acción que paga un rendimiento  $dR_s$ . En este caso el problema se plantea de la siguiente forma:

$$\text{Maximizar}_{\Pi_t} E \left[ \int_0^{\infty} \frac{\Pi'_s}{\gamma} e^{-\delta s} ds \mid F_t \right]$$

sujeto a:

$$dN_t = \omega \frac{N_t}{\eta} dR_s + (1-\omega) \frac{N_t}{\eta} \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right] dt - \Pi_t dt$$

$$dR_s = \mu dt + \sigma dW_t$$

De esta manera, la restricción se puede reescribir como:

$$\begin{aligned} dN_t &= \omega \frac{N_t}{\eta} (\mu dt + \sigma dW_t) + (1-\omega) \frac{N_t}{\eta} \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right] dt - \Pi_t dt \\ &= \frac{N_t}{\eta} \omega \mu dt + \frac{N_t}{\eta} \omega \sigma dW_t + \frac{N_t}{\eta} \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right] dt - \frac{N_t}{\eta} \omega \\ &\quad \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right] dt - \Pi_t dt \end{aligned}$$

Si se define  $\rho = \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right]$ , entonces:

$$\begin{aligned} dN_t &= \frac{N_t}{\eta} \omega \mu dt + \frac{N_t}{\eta} \omega \sigma dW_t + \frac{N_t}{\eta} \rho dt - \frac{N_t}{\eta} \omega \rho dt - \Pi_t dt \\ &= \frac{N_t}{\eta} \left( \omega \mu + \rho - \omega \rho - \frac{\Pi_t \eta}{N_t} \right) dt + \frac{N_t}{\eta} \omega \sigma dW_t \\ &= \frac{N_t}{\eta} \left( \rho + (\mu - \rho) \omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t} \right) dt + \frac{N_t}{\eta} \omega \sigma dW_t \end{aligned}$$

Si también se define

$$J(N_t, t) = \max_{\Pi_t} E \left[ \int_t^{\infty} \frac{\Pi'_s}{\gamma} e^{-\delta s} ds \mid F_t \right]$$

se obtiene la siguiente ecuación recursiva:

$$\begin{aligned}
J(N_t, t) &= \max_{\Pi_t} E \left[ \int_t^\infty \frac{\Pi_s^\gamma}{\gamma} e^{-\delta s} ds \middle| F_t \right] \\
&= \max_{\Pi_t} E \left[ \int_t^{t+dt} \frac{\Pi_s^\gamma}{\gamma} e^{-\delta s} ds + \int_{t+dt}^\infty \frac{\Pi_s^\gamma}{\gamma} e^{-\delta s} ds \middle| F_t \right] \\
&= \max_{\Pi_{[t, t+dt]}} E \left[ \int_t^{t+dt} \frac{\Pi_s^\gamma}{\gamma} e^{-\delta s} ds + J(N_t + dN_t, t + dt \middle| F_t \right] \\
&= \max_{\Pi_{[t, t+dt]}} E \left[ \int_t^{t+dt} \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} e^{-\delta t} dt + o(dt) + J(N_t, t) + dJ(N_t, t) \middle| F_t \right]
\end{aligned}$$

En virtud del lema de Itô, aplicando a  $J = J(N_t, t)$ , se sigue que:

$$\begin{aligned}
0 &= \max_{\Pi_{[t, t+dt]}} E \left[ \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} e^{-\delta t} dt + o(dt) + (J_t + J_N \frac{N_t}{\eta} (\rho + (\mu - \rho)\omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t} + \frac{1}{2} J_{NN} \frac{N_t^2}{\eta^2} \omega^2 \sigma^2) dt + J_N \frac{N_t}{\eta} \omega \sigma dW_t \middle| F_t \right] \\
0 &= \max_{\Pi_{[t, t+dt]}} \left\{ \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} e^{-\delta t} dt + o(dt) + (J_t + J_N \frac{N_t}{\eta} (\rho + (\mu - \rho)\omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t}) + \frac{1}{2} J_{NN} \frac{N_t^2}{\eta^2} \omega^2 \sigma^2) dt \right\} \\
0 &= \max_{\Pi_t} \left\{ \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} e^{-\delta t} + J_t + J_N \frac{N_t}{\eta} (\rho + (\mu - \rho)\omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t}) + \frac{1}{2} J_{NN} \frac{N_t^2}{\eta^2} \omega^2 \sigma^2 \right\}
\end{aligned}$$

Considere ahora un candidato, en variables separables, de la ecuación diferencial parcial anterior.

$$J(N_t, t) = V(N_t) e^{-\delta t}$$

En este caso:

$$J_N = V'(N_t) e^{-\delta t}, J_{NN} = V''(N_t) e^{-\delta t}, J_t = -\delta V(N_t) e^{-\delta t}$$

al sustituir las ecuaciones anteriores, se tiene que:

$$0 = \max_{\Pi_t} E \left[ \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} - \delta V(N_t) + V'(N_t) \frac{N_t}{\eta} (\rho + (\mu - \rho)\omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t}) + \frac{1}{2} V''(N_t) \omega^2 \frac{N_t^2}{\eta^2} \sigma^2 \right]$$

Si  $\Pi_t$  es óptimo, se sigue que

$$0 = \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} - \delta V(N) + V'(N_t) \frac{N_t}{\eta} (\rho + (\mu - \rho)\omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t}) + \frac{1}{2} V''(N_t) \omega^2 \frac{N_t^2}{\eta^2} \sigma^2$$

Si ahora se elige:

$$V(N_t) = B \frac{N_t^\gamma}{\gamma}$$

Se verifica que

$$V'(N_t) = \beta N_t^{\gamma-1}, V''(N_t) = \beta(\gamma-1)N_t^{\gamma-2}$$

Por lo tanto, la ecuación se transforma en:

$$0 = \frac{\Pi_t^\gamma}{\gamma} - \delta \beta \frac{N_t^\gamma}{\gamma} + \beta \frac{N_t^\gamma}{\eta} (\rho + (\mu - \rho)\omega - \frac{\Pi_t \eta}{N_t}) + \frac{1}{2} \beta(\gamma-1) \omega^2 \frac{N_t^\gamma}{\eta^2} \sigma^2$$

Si se deriva la expresión anterior con respecto a  $\Pi_t$  y  $\omega$ . Se tiene que:

$$\Pi_t = \beta^{\frac{1}{\gamma-1}} N_t$$

$$\omega = \left( \frac{1}{(1-\gamma)\eta} \right) \left( \frac{\mu - \rho}{\sigma^2} \right)$$

$$\omega = \left( \frac{1}{(1-\gamma)\eta} \right) \left( \frac{\mu - \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right]}{\sigma^2} \right)$$

Si se sustituyen en la ecuación anterior, se tiene que:

$$0 = \frac{\beta^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}{\gamma} - \delta \frac{\beta}{\gamma} + \frac{\beta}{\eta} \left[ \rho + \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \left( \frac{\mu - \rho}{\sigma} \right)^2 - \eta \beta^{\frac{1}{\gamma-1}} \right] + \frac{1}{2} \beta(\gamma-1) \frac{\sigma^2}{(1-\gamma)^2 \eta^2} \left( \frac{\mu - \rho}{\sigma^2} \right)^2$$

$$0 = \frac{\beta^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}{\gamma} - \delta \frac{\beta}{\gamma} + \frac{\beta \rho}{\eta} + \frac{2\eta^2 - \eta}{\eta^3} \left( \frac{\beta}{(1-\gamma)} \right) \left( \frac{\mu - \rho}{\sigma} \right)^2 - \beta^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

De esta manera:

$$\beta^{\frac{1}{1-\gamma}} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left[ \frac{\delta}{\gamma} - \frac{\rho}{\eta} - \frac{2\eta^2 - \eta}{\eta^3} \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \left( \frac{\mu - \rho}{\sigma} \right)^2 \right]$$

$$\beta^{\frac{1}{1-\gamma}} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left[ \frac{\delta}{\gamma} \frac{\left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right]}{\eta} - \frac{2\eta^2 - \eta}{\eta^3} \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \left( \frac{\mu - \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right]}{\sigma} \right)^2 \right]$$

Para garantizar que  $\Pi_t$  se mantenga positivo se requiere:

$$\delta > \frac{\gamma \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right]}{\eta} + \frac{2\eta^2 - \eta}{\eta^3} \left( \frac{\gamma}{1-\gamma} \right) \left( \frac{\mu - \left[ (1+r_t)(I_t - w_t) - (1+\bar{r}_t)(I_t - n_t - w_t) - M(I_t - w_t) \right]}{\sigma} \right)^2$$

## 4.2 Modelo de programación dinámica.

A continuación se modela el otorgamiento de crédito. En cada periodo, el banco trata de maximizar el valor del accionista mediante el otorgamiento de créditos. La función de rendimiento es la siguiente:  $Y_t = (z_t + \varepsilon_t + \mu_t)F(L_t)$ , donde  $Y_t$  es el ingreso de la cartera de créditos (ajustado por el costo de incumplimiento),  $L_t$  es el tamaño de la cartera, y  $F(\cdot)$  satisface  $F(0) = 0$ ,  $F' > 0$ ,  $F'' < 0$ . La concavidad de la función  $F(\cdot)$  implica rendimientos a escala en las inversiones del banco, lo cual es estándar en la literatura.

Las otras tres variables,  $z_t$ ,  $\varepsilon_t$  y  $\mu_t$  conjuntamente determinan la rentabilidad del banco en su cartera de créditos. En particular  $z_t$  representa el estado de la economía que determina el nivel de inversión y sigue un proceso de Markov de primer orden (Proposición 1);  $\varepsilon_t$  es un inventario específico del banco que determina el riesgo de sus activos (Proposición 2); y  $\mu_t$  mide el beneficio del monitoreo (Proposición 3).

Proposición 1. El estado de la economía,  $z$ , toma valores en un conjunto finito  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  y sigue un proceso de Markov de primer orden con probabilidades de transición  $P(z_{t+1}|z_t)$ .

Proposición 2. El impacto específico  $\varepsilon$  es independiente e idénticamente distribuido y tiene una función de densidad normal  $N(0, \sigma_\varepsilon^2(L))$ . La volatilidad es inversamente relacionada al tamaño de los activos del banco, por ejemplo:  $\frac{d\sigma_\varepsilon}{dL} < 0$ .

Al inicio de cada periodo, cada banco observa  $z_t$  pero no  $\varepsilon_t$ . En otras palabras, cada banco conoce el nivel esperado de inversión del periodo actual, y está al cuidado que el riesgo subyacente dependa de su estrategia en la cartera. Las dos proposiciones anteriores sugieren que, cuando un banco escoge el tamaño de su cartera de créditos, se enfrenta ante un intercambio entre riesgo y rendimiento.

Existe otro término,  $\mu_t$ , que representa la contribución de los esfuerzos específicos del banco por mejorar los rendimientos de su inversión. Este esfuerzo puede variar entre los bancos dependiendo sus habilidades administrativas, poder de mercado e incentivos de monitoreo. Mediante el pago de un costo de monitoreo de  $\theta(\mu)$  por cada crédito, el banco es capaz de mejorar el rendimiento promedio de su inversión por  $\mu$ . El costo unitario incrementa en  $\mu$  a una tasa creciente, implicando que el rango de incremento en el retorno tiende a disminuir.

Proposición 3. La función  $\theta(\mu)$  satisface  $\theta(0) = 0$ ,  $\theta'(\cdot) > 0$ ,  $\theta''(\cdot) > 0$ .

Suponga que un banco otorga créditos individuales, a una tasa fija para cada uno. Ya que cada crédito puede disminuir su calidad con un probabilidad positiva, el rendimiento promedio efectivo de todo el portafolio tiende a distribuirse en un conjunto amplio de números reales, con un máximo donde se presenta el retorno posible más alto sin incumplimiento y el mínimo donde se presenta el peor escenario con todos los créditos en incumplimiento.

En lo que sigue se presenta la modelación de los depósitos y capital. Un banco comienza cada periodo con un capital igual a  $e_t$ . El banco financia su inversión con capital y depósitos. Este último es un instrumento de deuda con un rendimiento fijo de  $r_t^d$ .

Proposición 4. Los depositantes son neutrales al riesgo y su rendimiento es la tasa libre de riesgo,  $r_t^f$ .

Se asume que los depósitos están totalmente asegurados y por extensión la tasa de depósito es igual a la tasa libre de riesgo. En principio, el banco necesitará pagar un premio al riesgo relacionado con la probabilidad de incumplimiento. Asumiendo que los depositantes son neutrales al riesgo y el pago esperado en depósitos bancarios es  $E(r)$ , la función de oferta es:

$$D_t^s = \begin{cases} 0 & \text{si } E(r) < r_t^f \\ [0, \infty] & \text{si } E(r) = r_t^f \\ \infty & \text{si } E(r) > r_t^f \end{cases}$$

Al final de cada periodo, el banco recibe ingresos por su portafolio de activos y paga los depósitos. Un banco solvente escoge su pago de dividendos ( $d_t$ ), o equivalentemente, su capital inicial ( $e_{t+1}$ ) para el siguiente periodo. Algo importante a destacar, es que en este modelo, el dividendo toma un valor negativo. El banco es capaz de inyectar nuevo capital, si es necesario. Sin embargo, formalizar la entrada de nuevo capital es costoso y se puede

justificar a los costos de transacción y a los niveles del diferencial impositivo para el capital. Específicamente, el costo de inyectar nuevo capital se asume como lineal.

Proposición 5. El banco paga un costo de  $\Lambda(-d_t) = -\lambda d_t$  por inyectar nuevo capital en la cantidad de  $-d_t$  ( $d_t < 0$ ).

Finalmente, este modelo hace la siguiente proposición en el caso que salga un banco.

Proposición 6. Un banco incumple si el valor neto de sus activos cae por debajo de cero. Un banco no puede reingresar una vez que ya ha salido. Después de este evento su valor se mantiene en cero.

El valor neto de los activos del banco se define al final del periodo como el ingreso total menos el principal y el pago de los intereses por los depósitos. Si el valor neto de los activos del banco cae por debajo de cero, su capital es negativo y se declara en bancarrota.

La regulación sobre el índice de capitalización se establece a continuación. Para ello se introduce en la forma de un requerimiento mínimo de capital impuesto por la autoridad reguladora. Cada banco debe cumplir este requerimiento todo el tiempo. El nivel mínimo de capitalización depende del tamaño de la cartera de créditos del banco, y bajo un régimen de ponderaciones por riesgo, relacionado con el perfil de riesgo de los activos del banco.

Proposición 7. El banco debe cumplir con un requerimiento mínimo de capital,  $e_{\min}$ , que depende de las características de los activos del banco.

El requerimiento mínimo de capital opera efectivamente sólo en el momento que el banco decide el tamaño de su cartera de crédito. Se asume que el requerimiento mínimo de capital no puede ser violado, o equivalentemente, el costo de incumplir es infinito y el valor del banco se hace cero si cae por debajo del mínimo requerido.

Se analizan dos formas alternativas para definir el requerimiento de capital. La primera es determinando un índice de capitalización fijo ( $k$ ) de 8% para todos los bancos. Estos es, el nivel de capital regulatorio depende del tamaño de los activos del banco pero no de su riesgo. En contraste, en la otra forma, el nivel mínimo regulatorio es calculado en base al perfil de riesgo de los activos del banco. En particular, este es determinado definiendo que la probabilidad de incumplimiento del banco no exceda el nivel de (0.1%). Esto es el nivel mínimo de capital regulatorio se determina de la siguiente forma<sup>4</sup>:

$$(z + \varepsilon_{0.001} + \mu)F(L) - \theta(\mu)L = (L - e_{\min})r^d$$

Donde  $\varepsilon_{0.001}$  es el 0.1% del valor crítico bajo una distribución normal con media cero y varianza  $\sigma_\varepsilon$ . Debido a que el riesgo de incumplimiento es muy pequeño, la tasa para los depósitos debe ser muy cercana a la tasa libre de riesgo. Por lo anterior, la ecuación anterior se puede reescribir como:

$$e_{\min} \approx -\frac{(z + \mu)F(L) - (r^f + \theta(\mu))L}{r^f} - \frac{\varepsilon_{0.001}F(L)}{r^f}$$

En esta ecuación, el requerimiento mínimo de capital consiste de 2 componentes. El primer componente se refiere a la pérdida esperada y el segundo a la pérdida no esperada. La pérdida esperada se determina conjuntamente por el estado de la economía y el esfuerzo de monitoreo elegido por el banco.

Al principio de cada periodo, existe un grupo de bancos cada uno con capital igual a  $e_{i,t}$ , el cual se acumuló del periodo pasado. El estado de la economía,  $z_t$ , se conoce al final del periodo pasado, mientras que el impacto específico de cada banco  $\varepsilon_{i,t}$  es conocido al final del periodo actual. Esto es, al momento de tomar la decisión para el otorgamiento de créditos, cada banco conoce  $z_t$  pero desconoce  $\varepsilon_{i,t}$ . Ya que los bancos toman sus decisiones de forma independiente, es importante concentrarse en el problema de optimización de un banco de forma individual.

---

<sup>4</sup> El cálculo se base en un VaR de Crédito al 99.9% sobre la cartera total de crédito.

El banco decide: el volumen de créditos que piensa ofrecer  $L_t$  y la cantidad del costo de monitoreo que va a pagar  $(\theta_t)$ . Para financiar su portafolio de créditos compromete su capital  $(e_t)$  y depósitos  $(L_t - e_t)$ , este último paga una tasa de  $r_t^d$ .

Al final del periodo el estado de la economía, en el siguiente periodo,  $z_{t+1}$ , es revelado. Dependiendo la cantidad de beneficios netos y el estado futuro de la economía, un banco solvente escoge si distribuye dividendos a sus accionistas o inyecta nuevo capital  $(d_t)$ . Esta elección se refleja en la tenencia inicial de capital para el siguiente periodo,  $e_{t+1}$ .

La solución del modelo es como sigue. El problema del banco puede resolverse utilizando técnicas de programación dinámica y el método de inducción hacia atrás. Al principio de cada periodo, un banco toma tres decisiones importantes: escoge el tamaño de su portafolio de créditos  $L_t$  y el esfuerzo de monitoreo  $(\theta_t)$  al principio del periodo y decide su política de dividendos  $(d_t)$  al final del periodo.

Primero se examina la condición de solvencia de cada banco al final de cada periodo. Dado un capital inicial  $(e_t)$ , oferta de créditos  $L_t$ , tasa de los depósitos  $r_t^d$  y un esfuerzo de monitoreo  $(\theta_t)$ , el valor de los activos netos del banco al final del periodo es:

$$\pi(L_t, \mu_t, \varepsilon_t, r_t^d) = (z_t + \varepsilon_t + \mu_t)F(L_t) - \theta(\mu_t)L_t - r^d(L_t - e_t)$$

Existen 2 posibles resultados. Si el valor neto de los activos del banco es positivo,  $\pi_t > 0$ , los depositantes reciben el pago total. De no ser así, el banco cae en bancarrota y los depositantes tienen que aceptar un pago pequeño prorrateado por la cantidad de activos restantes en el balance del banco; que es igual a  $(z_t + \varepsilon_t + \mu_t)F(L_t) - \theta(\mu_t)L_t$ .

El valor crítico del impacto específico en el banco,  $\bar{\varepsilon}$ , se define por:

$$\pi(L_t, \mu_t, \bar{\varepsilon}_t, r_t^d) = 0$$

Para  $\varepsilon \geq \bar{\varepsilon}$ , depositantes reciben un pago total, de otra forma el banco incumple. Ya que los depositantes son neutrales al riesgo, en equilibrio su pago esperado debe ser igual al rendimiento libre de riesgo de las inversiones. Esto es:

$$\int_{\bar{\varepsilon}}^{\infty} r_t^d (L_t - e_t) \phi(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{-\infty}^{\bar{\varepsilon}} [(z_t + \varepsilon_t + \mu_t)F(L_t) - \theta(\mu_t)L_t] \phi(\varepsilon_t) d\varepsilon = r_t^f (L_t - e_t)$$

Donde  $\phi(\varepsilon)$  es la p.d.f función de la variable de impacto  $\varepsilon$ . Combinando las dos ecuaciones anteriores,  $\bar{\varepsilon}$  y  $r_t^d$  pueden determinarse conjuntamente condicionados a la elección de  $L_t$  y  $\mu_t$ .

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon}_t &= \bar{\varepsilon}(L_t, e_t, \mu_t) \\ r_t^d &= r^d(L_t, e_t, \mu_t) \end{aligned}$$

Lema 1.  $\bar{\varepsilon}$  incrementa con activos del banco (L) y disminuye con capital del banco (e).

Prueba: Basado en las ecuaciones anteriores, se puede derivar que:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\varepsilon}}{\partial L} &= \frac{1}{1 - \phi(\bar{\varepsilon})} \times \left\{ \frac{\theta(\mu) + r_f}{F(L)} \times \left(1 - \frac{F'(L)L}{F(L)}\right) + \frac{F'(L)e}{F(L)^2} \right\} > 0 \\ \frac{\partial \bar{\varepsilon}}{\partial e} &= - \frac{r^f}{F(L) \times (1 - \phi(\bar{\varepsilon}))} < 0 \end{aligned}$$

El lema 1 es ligeramente intuitivo. Nótese que  $\bar{\varepsilon}$  es el valor del nivel que por encima de éste, el banco puede generar beneficios netos positivos. Por lo tanto un  $\bar{\varepsilon}$  alto indica beneficios bajos y una alta probabilidad de quiebra del banco. Manteniendo todo constante, un incremento en los activos del banco tiende a disminuir los beneficios e incrementar la fragilidad del banco por dos razones: La primera, disminuye el rendimiento marginal de los activos del banco por la concavidad de la función de ingresos. Mas aún, esto incrementa la razón de apalancamiento, impulsando hacia arriba el límite de quiebra  $\bar{\varepsilon}$  y,

consecuentemente, incrementa la probabilidad de quiebra ( $\theta(\bar{\varepsilon})$ ). De forma similar, un capital bajo incrementa la probabilidad de quiebra debido al alto nivel de apalancamiento. Ya que  $\bar{\varepsilon}$  es determinado, el valor neto de los activos del banco puede reescribirse como:

$$\pi(L_t, \mu_t) = \begin{cases} (\varepsilon_t - \bar{\varepsilon})F(L_t) & \text{si } \varepsilon_t \geq \bar{\varepsilon} \\ 0 & \text{si } \varepsilon_t < \bar{\varepsilon} \end{cases}$$

Si se define  $V(e, z)$  como el valor de la función del banco con un nivel inicial de capital de  $e$  y el estado de la economía  $z$ . El problema de maximización puede escribirse como sigue:

$$V(e_t, z_t) = \max_{(L_t, \mu_t)} \sum_{z_{t+1}}^{\infty} \int_{\bar{\varepsilon}_t} W(\pi(L_t, \mu_t, \varepsilon_t, e_t), z_{t+1}) \times P(z_{t+1} | z_t) \phi(\varepsilon) d\varepsilon$$

s.a.

$$L_t \geq e_t$$

$$e_t \geq e_{\min}(L)$$

$$W(\pi(L_t, \mu_t), z_{t+1}) = \max_{e_{t+1}} \{d(\pi_t, e_{t+1}) + \beta V(e_{t+1}, z_{t+1})\}$$

s.a.

$$d(\pi(L_t, \mu_t), e_{t+1}) = \begin{cases} \pi(L_t, \mu_t) - e_{t+1} & \text{si } \pi_t \geq e_{t+1} > 0 \\ [\pi(L_t, \mu_t) - e_{t+1}](1 + \lambda) & \text{si } 0 \leq \pi_t < e_{t+1} \\ e_{t+1} = 0 & \text{si } \pi_t < 0 \end{cases}$$

Al resolver el problema dinámico anterior, el banco maximiza el valor esperado para sus accionistas. La incertidumbre en el valor futuro del banco proviene tanto de la incertidumbre sobre el estado futuro de la economía y el riesgo en los activos del banco. El valor del banco cae a cero cuando  $\varepsilon < \bar{\varepsilon}(L, M_t)$ , porque en este caso el banco pierde todo su capital y es forzado a salir del mercado. La ecuación  $e_t \geq e_{\min}(L)$  es el límite del índice de capitalización. El nivel de capitalización del banco debe estar por encima de este requerimiento mínimo, que es igual a  $k \times L$  bajo un índice fijo de capitalización y es

endógenamente determinado bajo el índice de capitalización basado en perfil de riesgo. El problema de programación dinámica incluido es la política de dividendos elegida por el banco al final de cada periodo, que es equivalente a la elección de  $e_{t+1}$ . Si el banco escoge inyectar capital nuevo,  $d_t$  es negativo y el banco paga un costo adicional de  $\lambda$  por cada unidad de capital fresco.

La solución al problema tiene las siguientes propiedades:

**Proposición 1.** Existe una única función  $V^*(e, z)$  que resuelve el problema de programación dinámica. El valor óptimo de la función es estrictamente cóncavo en  $e$ .

**Proposición 2.** (Funciones de política óptima)

1. El esfuerzo óptimo de monitoreo,  $\mu^*$ , es una función de  $L$  y es independiente de  $z$  y  $\varepsilon$ . Este satisface  $F(L) = \theta'(\mu^*)L$ ;
2. La política de dividendos óptima sigue una regla de separación. Por ejemplo, existe un par  $(\pi_1, \pi_2)$  con  $\pi_1 \leq \pi_2$ , para el cual el banco inyecta nuevo capital ( $d < 0$ ) si  $\pi < \pi_1$ , retiene todos beneficios ( $d = 0$ ) si  $\pi \in [\pi_1, \pi_2]$ ; y distribuye dividendo ( $d = \pi - \pi_2$ ) si  $\pi > \pi_2$ .

La Proposición 1 sugiere que el nivel de esfuerzo en el monitoreo se escoge para maximizar el beneficio neto esperado en el periodo actual y es independiente de la incertidumbre en el rendimiento de los activos y el valor futuro del banco. Esto es porque, conforme a los supuestos definidos, los efectos del monitoreo afectan el ingreso del banco como un componente aditivo,  $\mu_t F(L_t) - \theta(\mu_t)L_t$ . Como resultado, el esfuerzo óptimo de monitoreo que maximiza este componente también genera un beneficio en el periodo actual que estrictamente domina cualquier otra solución, y por extensión maximiza el valor del banco.

Este resultado es de suma utilidad ya que reduce el número de parámetros a uno en el proceso de interacción y simplifica el algoritmo significativamente.

La estricta concavidad de  $V^*$  implica que la política de dividendos asume una forma simple especificada en la proposición 2.2. Se supone que los valores posibles de  $e$  están restringidos a un conjunto  $[e_{\min}, e_{\max}]$ . En el problema de programación dinámica, el costo marginal del capital del banco es 1 si el banco no inyecta nuevo capital, o  $1 + \lambda$  si el banco inyecta nuevo capital. Al mismo tiempo, el beneficio marginal del capital del banco, sin considerar si fue inyectado nuevo capital o no, es de pendiente negativa e igual a  $V'(e_{t+1}|z_t)$ . Se supone que  $e^1$  (ó  $e^2$ ) es el valor crítico de  $e_{t+1}$  en el que el beneficio marginal iguala el costo marginal de inyectar nuevo capital al banco (o si no se inyecta nuevo capital), la política de dividendos del banco debe seguir una separación como se establece anteriormente con  $\pi_1 = e^1$  y  $\pi_2 = e^2$ . La razón es como sigue: Si el valor neto de los activos del banco es menor que  $e^1$ , el banco tiene un incentivo a inyectar nuevo capital a un nivel objetivo  $e^1$ , porque el incremento en el valor del banco excede el costo de inyectar capital. En contraste, cuando  $\pi > e^2$ , el banco escoge distribuir dividendos en la cantidad de  $\pi - e^2$ , hasta el punto en que la reducción marginal en el valor del banco iguala el beneficio marginal del pago de dividendos. Cuando el valor neto de los activos está en un rango medio, el banco prefiere reinvertir todos sus beneficios porque esto incrementa el valor de sus accionistas mas que pagárselos como dividendo. De ninguna forma se inyectara capital porque el costo es relativamente muy alto.

La regla de separación óptima implica que cuando un banco escoge su estrategia de otorgamiento de créditos ( $L$ ), se enfrenta a los siguientes intercambios: Primero, sin considerar la posibilidad de quiebra, los bancos tienden a escoger un volumen de créditos que maximice su beneficio esperado en el periodo actual. Es de observar, que este volumen óptimo de créditos es el mismo para todos los bancos porque tienen las mismas oportunidades de inversión. En este sentido, el tamaño del nivel inicial de capital no juega un rol como el que todos los bancos tiendan a escoger el mismo tamaño del portafolio, lo que implica que bancos pequeños podrían escoger razones de apalancamiento más altas.

Segundo, la posibilidad de que un banco caiga en quiebra debe afectar su decisión de otorgamiento de crédito de forma considerable. Como sugiere el Lema 1, la probabilidad de quiebra incrementa en el tamaño del portafolio y disminuye en la tenencia inicial de capital. Por lo tanto, en la toma de decisiones sobre el tamaño del portafolio, los bancos pequeños deben poner más atención a las pérdidas esperadas en el valor del banco (debido a quiebra del banco) y escoger una razón de apalancamiento menor que el determinado de sólo considerar razones de eficiencia. Por último, la existencia de un costo por inyectar capital añade otra complejidad a la decisión de los bancos, porque el tamaño de los activos del banco tiene un efecto ambiguo en la magnitud del costo.

La calibración del modelo es como sigue: Los parámetros del modelo están calibrados basado en los datos de la economía mexicana durante 1997-2007. La Tabla 3 resume los insumos de los parámetros utilizados en el análisis numérico.

La tasa libre de riesgo está fijada al 7% que se obtiene del promedio de la tasa libre de riesgo (Tasa de los Cetes a 28 días ajustada por la inflación) en México en el periodo 1997-2007. (Es igual a 7.034%)

La función de retorno cóncava  $F(\cdot)$  está especificada como  $F(L) = L^\alpha$  con  $\alpha = 0.985$ . El parámetro debe ser estrictamente menor a uno ya que de otra forma el tamaño óptimo del banco se va a infinito. Adicionalmente, se escoge cercano a uno para evitar una larga discrepancia en los rendimientos entre bancos grandes y pequeños.

El estado de la economía. Por simplicidad, se asume que  $z$  sólo toma dos estados posibles: Alto (H) o Bajo (L). La probabilidad de mantenerse en el mismo estado en el siguiente periodo se establece que sea 0.800. El shock bancario  $\varepsilon$  se asume que se distribuye con media cero y desviación estándar  $\sigma_\varepsilon$ .

La elección de los dos valores posibles de la economía,  $z_H$  y  $z_L$ , se relaciona con el premio al riesgo observado durante el periodo 1997-2007. Se considerará el promedio del premio al riesgo publicado por la agencia calificadora Standard & Poors durante los

primeros y los últimos 5 años. Esto nos da dos shocks que son 3.88% y 2.12% respectivamente.

La determinación de  $\sigma$ , la volatilidad del rendimiento, se calcula siguiendo la teoría financiera convencional. Primero se asume una forma funcional particular que relaciona la

volatilidad y el tamaño de los activos del banco:  $\sigma(L) = \frac{a_1}{L + a_2}$ . Los dos términos de las

constantes  $a_1$  y  $a_2$  se escogen de tal forma que los índices de Sharpe, definido como el exceso de rendimiento de los activos del banco (sobre la tasa libre de riesgo) dividido por la desviación estándar, se encuentren dentro de un rango razonable en equilibrio. En este estudio se toma como referencia los documentos de Rosen (2005) que determina como media del índice de Sharpe durante el periodo 1977-2003 es de 0.90. Por lo anterior, se considerará  $a_1 = 1.05$  y  $a_2 = 15$  por lo que, en equilibrio la media del índice de Sharpe es de 0.92.

El costo del esfuerzo del monitoreo se especifica como una forma cuadrática  $\theta(\mu) = c_0\mu^2$ , donde  $c_0 = 6.5$ . Se escoge este valor en particular para contrapesar el efecto de los rendimientos decrecientes a escala debido a la concavidad de la función de rendimientos.

El factor de descuento intertemporal es de 0.95. Este se acerca al valor adoptado por Cooley y Quadrini (2001). Si se sigue a Cooley y Quadrini (2001), el costo de inyectar nuevo capital es de 30%. La magnitud de este costo está en línea con la tasa impositiva (ISR) máxima (34%).

Bajo el esquema actual con un nivel de capitalización uniforme, el índice de capitalización mínimo es igual a 8%. El procedimiento computacional para la programación dinámica está basado en la iteración de la función valor como se describe en Judd (1998). La función valor se resuelve basándose en la simulación Monte Carlo de la variable estado  $e_t$  y de la variable de cuasi-estado  $\pi_t$ . A continuación se describen los pasos que se siguieron para construir el algoritmo numérico:

1. Se establecen los valores del mínimo y máximo del capital del banco ( $e$ ) y del beneficio neto al final del periodo ( $\pi$ );
2. El rango del otorgamiento de créditos ( $L$ ) está definido dentro  $\left[ e, \frac{e}{k} \right]$  bajo un requerimiento constante, o entre  $\left[ e, L_{\max} \right]$  bajo un requerimiento de capitalización basado en la toma de riesgo.
3. Para cada par de  $(e, L)$ , se calcula el correspondiente  $\bar{\varepsilon}$  y  $\mu$ .
4. Para cada par de  $(e, L)$  se calcula la distribución de probabilidad de los valores del activo neto al final del periodo.
5. Definir los valores iniciales de la función  $V(e)$  para  $z = z_H$  y  $z = z_L$ .
6. Resolver para la función  $W(\pi, z)$  y la función de la política regulatoria  $e'$  para los valores dados  $\pi$  y  $e$  obtenidos de la simulación considerando 100 escenarios.
7. Basado en la función  $W$ , resolver para la función  $V(e, z)$  y la función de la política  $L$  para los  $e$ , y  $z$  dados; Los valores encontrados son los nuevos candidatos para la función  $V$ . El procedimiento se reinicia desde el paso 6 hasta completar los escenarios.

## 5. Evaluación de resultados.

### 5.1 Modelo de generaciones traslapadas.

A continuación se analizarán los efectos regulatorios en la economía. Este efecto corresponde al Índice de Capitalización. En lo que sigue se considerará que la economía se encuentra en un nivel  $E^C$  donde el requerimiento mínimo de capital está en función por lo que se tomarán los siguientes valores iniciales:

**Cuadro 2. Valor de los parámetros iniciales**

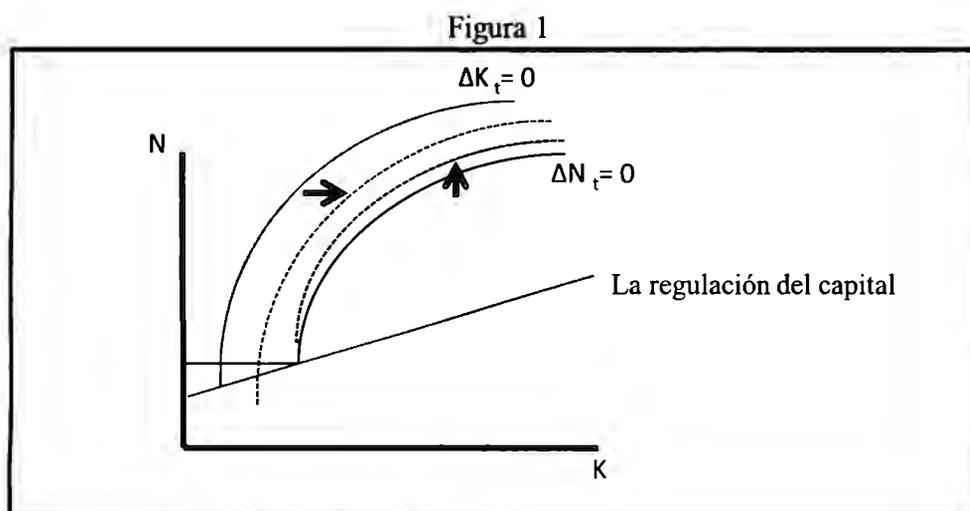
rt (Tasa de los créditos)	0.2
rt (Tasa de los depósitos)	0.01
M (costo de monitoreo por cada crédito)	0.2
nt (monto que presta el banco de su valor neto Nt)	50
It (monto de inversión del proyecto)	100
wt (monto de salario de los emprendedores)	30
$\eta$ (requerimiento de capitalización)	15.29
$\sigma^2$ (Volatilidad del rendimiento del activo riesgoso)	30
Nt (valor neto del banco)	150
c (costo de administración del valor neto del banco)	0.15
R (Rend esperado proyectos)	0.15

**Cuadro 3. Parámetros del Modelo para la calibración**

Tasa libre de riesgo	$r^f$	1.06
Parámetro de rendimiento a escala	$\alpha$	0.985
Estado de la economía	$z_H$	1.07
	$z_L$	1.052
Matriz de Transición	H $\rightarrow$ H	0.8
	L $\rightarrow$ L	0.8
Desviación estándar del shock	$\sigma_\varepsilon(L)$	1.05/L+15
Tasa de descuento intertemporal	$\beta$	0.95
Parámetro del costo monitoreo	$c_0$	6.5
Premio Nuevo Capital	$\lambda$	0.3
Requerimiento Mínimo Capital	k	0.08

Primero se toma un índice de capitalización promedio de la banca comercial en México correspondiente a 15.29 por ciento conforme al periodo analizado anteriormente.

Considerando lo anterior, en la figura 1 se muestra la dinámica de transición en la economía.



El efecto en la economía es un incremento en el valor neto de la banca comercial y una acumulación de capital. Los resultados se muestran a continuación:

**Resultados de la optimización de parámetros iniciales**

$\Pi$ (Nivel de beneficios óptimo)	175.814249
$N_{t+1}$ (Estado estable)	153.314249
$K_{t+1}$ (Estado estable)	24.75

Ahora se realizará el experimento regulatorio de disminuir el requerimiento de capitalización a un nivel cercano al mínimo conforme al estándar a nivel mundial, es decir de 8 por ciento.

**Resultados de la optimización al nivel mínimo de requerimiento**

$\Pi$ (Nivel de beneficios óptimo)	319.5
$N_{t+1}$ (Estado estable)	297

Como se puede ver el nivel de beneficios de la banca aumenta así como el valor neto en un 81 por ciento y 93 por ciento respectivamente. Esto se explica de la siguiente manera. Al tener un índice de capitalización menor, los bancos deben tomar mayor riesgo al incrementar el monto de créditos colocados entre los inversionistas. Como puede observarse, la banca comercial en México conforme tiene un margen muy importante de ganancias que podría obtener al administrar de forma más eficiente su consumo de capital y la autoridad regulatoria al ser más flexible en sus medidas precautorias. Como se puede ver, una política regulatoria disminuyendo el requerimiento mínimo de capital incentiva la colocación de crédito en el sector productivo de la economía.

Otro punto importante a investigar es el efecto regulatorio de instrumentar una política de disminuir el diferencial entre tasas activa y pasiva. Considerando el escenario inicial, se determinará el efecto de disminuir en 100 puntos base este diferencial.

**Resultados de la optimización al disminuir el diferencial**

Π (Nivel de beneficios óptimo)	168
Nt+1 (Estado estable)	145.5

Como se puede ver, el instrumentar una política regulatoria que disminuya el diferencial en tasas reduce tanto el nivel de beneficios como el valor neto de los bancos, en un 5.5 por ciento y 6.5 por ciento respectivamente. La banca comercial en México depende de este diferencial para continuar siendo rentables. Conforme al esquema actual, una política de este tipo, de forma aislada, llevaría a la banca a un nivel de beneficios menor y desde luego un valor neto inferior.

Por último se analizará el impacto de la volatilidad en los factores de riesgo de los activos. Partiendo de los parámetros iniciales se considera un aumento en la volatilidad del 20 por ciento.

### Resultados de la optimización al aumentar la volatilidad

$\Pi$ (Nivel de beneficios óptimo)	161.25
$N_{t+1}$ (Estado estable)	138.75

Los valores muestran una disminución tanto el nivel de beneficios como el valor neto de los bancos, en un 8.2 por ciento y 9.4 por ciento. Esto comprueba la vulnerabilidad de la banca en México ante incrementos en la incertidumbre de los activos por lo que un escenario estabilidad y baja volatilidad genera las condiciones óptimas para el crecimiento de banca nacional.

## 5.2. Modelo de programación dinámica.

A continuación se muestran los resultados del problema de maximización considerando 3 escenarios de política regulatoria.

El primer escenario es el actual donde la banca mantiene un Índice de Capitalización promedio de 15.29 por ciento, que como se vio anteriormente mantiene un comportamiento muy estable a lo largo del tiempo lo que refleja que no existe ningún incentivo para disminuir este excedente y también a que la política regulatoria al respecto se mantiene restrictiva; es decir se acepta la ineficiencia en la administración del consumo de capital y el uso de un margen conservador en el excedente. El segundo escenario es el estándar mundial que marca un requerimiento mínimo de capital del 8%.

Por último se considera un escenario donde el portafolio de inversión de los bancos no tenga que mantener un límite inferior. Es decir, un portafolio riesgoso basado en un VaR al 99% de confianza que se basa en la proposición de que la probabilidad máxima de incumplimiento del banco no excede el umbral del 0.1 por ciento.

### Resultados del Problema de Maximización

Requerimiento mínimo	Valor Máximo de la banca
15.29%	181.5485026
8%	190.2453015
0%	196.6985026

Como se puede ver los resultados muestran que el valor máximo de la banca es mayor cuando el requerimiento es del 0%. Este esquema sigue la proposición de que el nivel regulatorio de capital varía no sólo con el estado de la economía sino también con el perfil de riesgos de los activos del banco. Específicamente, este esquema premia a los bancos con alta calidad de activos mediante la reducción del requerimiento de capital y penaliza a los bancos pobre calidad de activos con el efecto inverso.

## 6. Conclusiones.

Los modelos dinámicos desarrollados y aplicados en este documento a la banca comercial en México muestran el nivel de implicación que tiene el marco regulatorio actual sobre el valor de la banca y el crecimiento de este sector en la economía. El primer resultado importante es la influencia del excedente de capitalización actual sobre el nivel de beneficios de la banca y el incremento en el Valor neto de la misma, existe un potencial en el otorgamiento de créditos que la banca no ha explotado en virtud a un incentivo conservador que privilegia la ineficiencia en la asignación de los recursos en la compra de activos poco rentables. Segundo, la consideración del requerimiento de capitalización como factor pro cíclico en la economía destinando el excedente a la inversión productiva y a los emprendedores con proyectos de alta rentabilidad. Otro punto es que la intervención de la autoridad en el diferencial de tasas sólo ocasionará una caída en la rentabilidad de la banca ya que esta depende en gran medida de estos ingresos para asegurar su viabilidad. Finalmente se comprueba la importancia que tiene la estabilidad y baja volatilidad en la economía en el fortalecimiento reciente de la banca en México permitiendo el incremento de su valor en el tiempo.

Con respecto al modelo de programación dinámica, se determinó que la perspectiva que debe mantener el regulador para incrementar el valor de la banca comercial es el liberar o flexibilizar el requerimiento mínimo de capital. Con esto se logra un mejor resultado permitiendo que los bancos determinen de forma más eficiente el nivel de toma de riesgos que menor distorsión genere a las decisiones de otorgamiento de créditos mediante un VaR al 99.9% de confianza.

El marco regulatorio actual desincentiva que los bancos exploren nuevos clientes como el financiamiento de proyectos de inversión en las pequeñas y medianas empresas (PyMe's) al poner altos costos en el otorgamiento mediante las reservas preventivas de riesgo; las cuales no están en línea con la volatilidad en los mercados y no reflejan con certeza el verdadero nivel de exposición de riesgo a un nivel de confianza deseado.

El temor de la autoridad por mantener ponderaciones sumamente conservadoras en los factores de riesgo es entendible en el sentido de que el país ha sido presa de crisis financieras recurrentes en los últimos años y actualmente todavía hay sectores de la economía que no han podido recuperar los niveles de crecimiento y productividad de 1994. Sin embargo, esto ha generado un nivel de ineficiencia en el sector bancario que ha buscado otras formas de colocación como: la cartera de consumo mediante créditos personales o tarjetas de crédito, los cuales mantienen una tendencia a la alza en los últimos tres años en el índice de morosidad ubicándose a cierre de marzo de 2009 en 24%. Esto hace que los bancos absorban altos costos por mantener esta cartera al reservar al 100% el saldo insoluto de los créditos a los 4 meses de incumplimiento en el pago (en tarjetas de crédito) y afecta directamente a sus resultados ya que no se cuenta con garantía alguna.

Actualmente los lineamientos mínimos sobre Administración Integral de Riesgos en la Circular Única de Bancos publicada por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores obligan al Consejo de cada Institución como responsable de aprobar los objetivos, lineamientos y políticas para la Administración Integral de Riesgos, los Límites de Exposición al Riesgo y los mecanismos para la realización de acciones correctivas. El Consejo podrá delegar al comité de riesgos la facultad de aprobar los Límites Específicos de Exposición al Riesgo.

La autoridad reguladora al supervisar adecuadamente los objetivos y límites de exposición al riesgo de los portafolios de los bancos podrá tener el control del riesgo real de la Banca calculado en base al portafolio de cada banco; el cuál deberá estar en línea al nivel de confianza deseado por la autoridad, en este modelo se toma un VaR de 99.9%. De esta forma se deja a estas áreas, que cuentan con independencia de las áreas de Negocio, midan, evalúen y controlen la toma de riesgos en la institución y determinen el nivel de capital necesario para cubrir sus posiciones coadyuvando con el potencial de crecimiento y Valor Neto de la Banca.

Todavía hay muchos aspectos por explorar en futuras investigaciones, una de ellas es poder medir el efecto real en la economía del otorgamiento de créditos a las PyMe's como motor

de crecimiento de la economía. Evaluar la capacidad de pago de este sector, a la fecha poco atendido por la banca, si se le ofrecen condiciones atractivas como planes de pago a largo plazo y tasa de interés acordes al perfil de riesgo de cada uno de ellos sin necesidad de dar garantías que en muchos casos son entre 2 y 3 veces el monto solicitado. Incluir en los supuestos las asimetrías de información y los costos de transacción que en el presente modelo no son considerados ya que se considera la existencia de mercados completos.

De igual forma, incluir en el portafolio de inversión sectores que al día de hoy no están siendo considerados por la Banca como son: Construcción, Transporte y Energía; y hacer un análisis de riesgo-rentabilidad incluyendo opciones reales para medir la viabilidad de los proyectos y determinar un nivel óptimo en la asignación de los recursos para estos sectores considerando el efecto de diversificación de la Banca. Todo esto lo podemos incorporar a que el Banco puede destinar sus activos riesgos (acciones con diferentes volatilidades) y correlacionar éstas en el portafolio de inversión.

## 7. Bibliografía.

Acharya, Viral 2003, “Is the international convergence of capital adequacy regulation desirable?” *Journal of Finance*, vol.58, 2745-2781.

Ayuso, J., D. Pérez y J. Saurina. 2002, “Are Capital Buffers Pro-Cyclical?”, Documento de Investigación, Abril, Banco de España.

Basel Committee on Banking Supervision. 2001, “Review of Procyclicality”, Research Task Force, Mimeo.

Besanko, D., Kanatas, G., 1996. “The regulation of bank capital: do capital standards promote bank safety?” *Journal of Financial Intermediation* 5 (4), 160–183.

Bhattacharya Sudipto; Boot Arnoud; Thakor Anjan. 1998. “The Economics of Bank Regulation” *Journal of Money, Credit and Banking* Vol.30, No. 4, 745-770.

Borio, Claudio 2003, “Towards a macro-prudential framework for financial supervision and regulatios?” *BIS Working Paper*.

Estrella, Arturo 2004, “ Bank capital and risk: is voluntary disclosure enough?” *Journal of Financial Services Research*, vol.26, 145-160.

Freixas, X. y J.C. Rochet. 1997: *Microeconomics of Banking*, MIT Press, Cambridge.

Furfine, Craig. 2000: “Evidence on the Response of US Banks to Changes in Capital Requirements”, *BIS Working Paper*, no.88. Basel, Switzerland.

Furfine, Craig. 2001: “Bank Portfolio Allocation: The Impact of Capital Requirements, Regulatory Monitoring, and Economic Conditions”, *Journal of Financial Services Research*, 20, 33-56.

Gorton Gary; Winton Andrew. 1998. “Banking in Transition Economies: Does Efficiency Require Instability?” *Journal of Money, Credit and Banking* Vol.30, No. 3, 621-650.

Heather Thomas 2005, “Banking regulation in Mexico” White & Case, S.C. Mexico D.F. Capitulo 12, Cuarta Edición.

Hellman Thomas; Murdock Kevin; Stiglitz Joseph. 2000. “Liberalization, Moral Hazard in Banking, and Prudential Regulation: Are Capital Requirements Enough?”, *The American Economic Review*, Vol. 90, No.1, 147-165.

Holmström, B., Tirole, J., 1997. “Financial intermediation, loanable funds and the real sector”. *Quarterly Journal of Economics*. 112, 663–691.

Judd, Kenneth 1998, “Numerical Methods in Economics, MIT Press, Cambridge MA.

Kim, D., Santomero, A., 1988. “Risk in banking and capital regulation”. *Journal of Finance* 43, 1219–1233.

Kupiec, Paul 2004, “Capital adequacy and Basel II,” FDIC Center for Financial Research Working Paper.

Matutes, Carmen and Xavier Vives. “Imperfect Competition, Risk Taking and Regulation in Banking” Autonomous University of Barcelona, working paper, 1994.

Mazumdar Sumon; Heun Yoon Suk. 1996. "Loan Monitoring, Competition, and Socially Optimal Bank Capital Regulations" *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.63, No.2, 279-312.

Rochet, J.C., 1992. "Capital requirements and the behaviour of commercial banks". *European Economic Review* 36, 1137–1178.

## Apéndice.

En este anexo se demuestra que mientras los deudores prefieren proyectos de alto riesgo, los prestamistas prefieren proyectos de bajo riesgo.

Primero considere la preferencia del deudor. Sea  $r_t$  la tasa de interés de los préstamos. El rendimiento del deudor por el proyecto 1 se escribe como:

$$\begin{aligned} & p_1 [q_{t+1} R_{g1} I_t - (1+r_t)(I_t - \omega w_t)] + (1-p_1) \max \{q_{t+1} R_{b1} I_t - (1+r_t)(I_t - \omega w_t), 0\} \\ & = \max \{q_{t+1} I_t [p_1 R_{g1} + (1-p_1) R_{b1}] - (1+r_t)(I_t - \omega w_t), \\ & p_1 [q_{t+1} R_{g1} I_t - (1+r_t)(I_t - \omega w_t)] \} \end{aligned}$$

0 implica que el deudor se declara en bancarrota. El rendimiento del deudor en el proyecto 2 es el siguiente:

$$\begin{aligned} & p_2 [q_{t+1} R_{g2} I_t - (1+r_t)(I_t - \omega w_t)] + (1-p_2) \max \{q_{t+1} R_{b2} I_t - (1+r_t)(I_t - \omega w_t), 0\} \\ & = \max \{q_{t+1} I_t [p_2 R_{g2} + (1-p_2) R_{b2}] - (1+r_t)(I_t - \omega w_t), \\ & p_2 [q_{t+1} R_{g2} I_t - (1+r_t)(I_t - \omega w_t)] \} \end{aligned}$$

Ya que el rendimiento esperado de los dos proyectos es el mismo  $(p_1 R_{g1} + (1-p_1) R_{b1} = p_2 R_{g2} + (1-p_2) R_{b2})$ , se puede determinar que el rendimiento del Proyecto 2 (alto riesgo) no es menor que el del Proyecto 1 (bajo riesgo). Por lo tanto, se puede decir que el deudor prefiere proyectos de alto riesgo a los de bajo riesgo.

Ahora se considerará el rendimiento del prestamista. El rendimiento del prestamista sobre el Proyecto 1 puede escribirse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & p_1 (1+r_t)(I_t - \omega w_t) + (1-p_1) \min \{(1+r_t)(I_t - \omega w_t), q_{t+1} R_{b1} I_t\} \\ & = \min \{(1+r_t)(I_t - \omega w_t), p_1 (1+r_t)(I_t - \omega w_t) + (1-p_1) q_{t+1} R_{b1} I_t\} \end{aligned}$$

El rendimiento del prestamista sobre el Proyecto 2 puede escribirse de la siguiente manera:

$$p_2(1+r_t)(I_t - \omega w_t) + (1-p_2) \min\{(1+r_t)(I_t - \omega w_t), q_{t+1}R_{b_2}I_t\}$$
$$= \min\{(1+r_t)(I_t - \omega w_t), p_2(1+r_t)(I_t - \omega w_t) + (1-p_2)q_{t+1}R_{b_2}I_t\}$$

Basado en el hecho de que los rendimientos esperados en ambos proyectos son los mismos, se puede decir que el rendimiento del Proyecto 1 es igual o mayor al del Proyecto 2. Por lo anterior, se puede inferir que el prestamista prefiere proyectos de bajo riesgo a los de alto riesgo.