
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
DOCTORADO



TESIS

**GESTIÓN DEL RIESGO DE MERCADO EN
ORGANIZACIONES BANCARIAS**

Gobernanza responsable de la práctica profesional

Alumno: Martín Ezequiel MASCI

Directora: María Teresa CASPARRI

Co-Director: Javier Ignacio GARCÍA FRONTI

Miembros del Tribunal de Tesis: María José BIANCO,
César Humberto ALBORNOZ,
Juan Omar AGÜERO.

Fecha de defensa de la Tesis: lunes 29 de mayo de 2017.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	7
1. PRÁCTICA PROFESIONAL EN INSTITUCIONES BANCARIAS: DIMENSIÓN ANTICIPATIVA	14
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	14
1.1. LA PRÁCTICA PROFESIONAL EN ORGANIZACIONES BANCARIAS	16
1.1.1. LOS PROCESOS DECISORIOS EN LAS ORGANIZACIONES	16
1.1.2. HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL	21
1.2. LA ORGANIZACIÓN BANCARIA Y LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO	25
1.2.1. REGULACIÓN DEL SISTEMA BANCARIO	26
1.2.2. TAXONOMÍA DE RIESGOS BANCARIOS SEGÚN BASILEA II	38
1.2.3. LOS APORTES DE BASILEA III	48
1.3. LA TOMA DE DECISIONES EN EL CONTEXTO FINANCIERO	50
1.3.1. ENFOQUES MATEMÁTICOS: NO-BAYESIANO	52
1.3.2. ENFOQUE BAYESIANO	54
1.4. HACIA UNA GOBERNANZA RESPONSABLE DEL RIESGO BANCARIO	56
1.4.1. INNOVACIONES EN ORGANIZACIONES FINANCIERAS	56
1.4.2. INNOVACIÓN FINANCIERA RESPONSABLE	63
1.4.3. COMITÉ DE NUEVOS PRODUCTOS	68
1.5. ENTREVISTAS A EXPERTOS DE ORGANIZACIONES BANCARIAS	74
1.5.1. ENFOQUE CUALITATIVO EN LA INVESTIGACIÓN	75
1.5.2. ACTORES RELEVANTES, CATEGORÍAS Y CONCEPTOS	78
CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	90
2. FUNDAMENTOS ESTOCÁSTICOS DE LA MEDICIÓN DE RIESGO DE MERCADO: DIMENSIÓN REFLEXIVA	92
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	92
2.1. LA INCERTIDUMBRE EN LAS ORGANIZACIONES BANCARIAS	94
2.1.1. LA RACIONALIDAD EN CONTEXTO DE INCERTIDUMBRE	95
2.1.2. MEDICIÓN MATEMÁTICA DE LA INCERTIDUMBRE	97
2.1.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA MEDICIÓN DE RIESGOS	108
2.2. MEDICIÓN TRADICIONAL DEL RIESGO DE MERCADO: VALOR A RIESGO (VAR)	117
2.2.1. SIMULACIÓN HISTÓRICA Y SIMULACIÓN DE MONTE CARLO	122
2.2.2. MAPEO DE FACTORES DE RIESGO	128
2.2.3. COHERENCIA DE LAS MEDIDAS DE RIESGO	130
2.3. TEORÍA DE VALORES EXTREMOS (EVT)	134
2.3.1. VALOR A RIESGO ESPERADO (E-VAR)	134
2.3.2. DISTRIBUCIÓN ELÍPTICA Y SU RELACIÓN CON LA FUNCIÓN DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	136
2.3.3. RIESGO DE COLAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	137

2.4. MODELOS ALTERNATIVOS DE DÉFICITS ESPERADOS: VALOR A RIESGO CONDICIONAL	140
2.4.1. CRITERIOS DE DOMINANCA ESTOCÁSTICA	149
2.4.2. TÉCNICAS NO-PARAMÉTRICAS PARA EL CÁLCULO DE DÉFICIT ESPERADO	156
2.4.3. VALOR A RIESGO CONDICIONAL AUTORREGRESIVO (CAVIAR)	158
CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	161
<u>3. PROPUESTA DELIBERATIVA PARA LA GESTIÓN RESPONSABLE DEL RIESGO DE MERCADO EN BANCOS</u>	<u>163</u>
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	163
3.1. LA PROBLEMÁTICA DE LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE COLA	166
3.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACTIVOS FINANCIEROS	166
3.1.2. TÉCNICAS MATEMÁTICAS PARA LA DEFINICIÓN DE EVENTOS EXTREMOS	183
3.1.3. TÉCNICAS MATEMÁTICAS PARA LA DEFINICIÓN DEL NIVEL DE CONFIANZA	197
3.2. FORMALIZACIÓN DE LA OPINIÓN DE EXPERTOS	208
3.2.1. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PONDERADAS POR EXPERTOS	209
3.2.2. LÓGICA BORROSA	210
3.3. HACIA UNA PRÁCTICA DELIBERATIVA ENTRE EXPERTOS	216
3.3.1. CONSTRUCCIÓN DEL CUESTIONARIO	223
3.3.2. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL CONSENSO	226
3.3.3. LIMITACIONES	232
3.4. PROPUESTAS PARA UN MODELO HÍBRIDO DE GESTIÓN	233
3.4.1. REVISIÓN CRÍTICA DE LOS COMITÉ DE NUEVOS PRODUCTOS	234
3.4.2. PROPUESTA DE MODELO RESPONSABLE	240
3.4.3. HACIA UN PROTOCOLO DE MODELO HÍBRIDO DE GESTIÓN	252
CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	254
<u>CONCLUSIÓN</u>	<u>256</u>
<u>REFERENCIAS</u>	<u>265</u>
<u>APÉNDICE</u>	<u>279</u>
A1. CUESTIONARIO BASE PARA LAS ENTREVISTAS A LOS EXPERTOS BANCARIOS	279
A2. ALGORITMO EN VBA PARA CONVOLUCIÓN	280
A3. EVALUACIÓN DE PROYECTOS CON NÚMEROS Z	282

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento eterno a mi directora, la Profesora Emérita Dra. María Teresa Casparri. De igual modo, a mi co-director, el Prof. Regular Titular Dr. Javier I. García Fronti. Ellos me han formado desde que era un alumno de grado y en todas mis etapas de formación como docente e investigador. Agradezco su constante apoyo y asesoramiento en esta nueva etapa de investigación, abriendo las puertas y mostrándome el camino.

Mi agradecimiento especial a Pablo Matías Herrera. Sin su compañía y el trabajar codo a codo con él, esta travesía hubiese sido muy difícil.

Agradezco a los financiamientos recibidos a lo largo de este proceso doctoral. En primer lugar, a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (FONCyT – Beca doctoral nivel inicial). En segundo lugar, a la Facultad de Ciencias Económicas (UBA) por el financiamiento de viaje y estadía doctoral en España e Italia.

Mi agradecimiento a María Elizabeth Cristofoli, quien me ha aconsejado y ayudado mucho en mi estadía en Madrid. Asimismo, quiero agradecer a Mariana Romero Campero, José Antonio Rodríguez Quintana y Javier por sus recomendaciones y consejos.

Mi agradecimiento al Prof. Juan Carlos A. Propatto, por su evaluación de mi proyecto de Tesis y su generosidad académica y profesional. Asimismo a Dario Bacchini, Mauro Speranza, Rodrigo Del Rosso, Mauro de Jesús y Nicolás Botbol por sus consejos y ayuda en aspectos financieros y matemáticos de la investigación. Mi agradecimiento a Raquel Soto y Camila Masci por sus aportes en los aspectos narrativos de la tesis.

Mi agradecimiento a los investigadores y becarios del Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA), en especial a Verónica García Fronti y Miguel Fusco. También a mis alumnos, en especial Camila Barbieri y Matías Ferro.

Mi especial agradecimiento a mi sostén en la vida, mi familia. Ana María, Ricardo, Camila y Gustavo son el motor de mis pasiones y la fuerza que me motiva día a día. Del mismo modo, a mis abuelos Miguel y María Grazia (que me cuidan desde arriba) y María y Vicente, que están conmigo siempre. Los cuatro son mi ejemplo a seguir.

A todos mis familiares y amigos, sin ellos no soy nada y no hubiese podido hacer esto.

RESUMEN

El mercado financiero en general y el bancario, en particular, es un ámbito organizacional donde se desarrollan actividades productivas que impactan en la economía real. Las crisis, como anomalías de estas interacciones (Caruana, 2008), muestran la continua tensión que experimenta la teoría y práctica de la gestión de los riesgos. En particular, las organizaciones bancarias son entidades expuestas a diversos tipos de riesgos. Los mismos se manifiestan como la medición de la incertidumbre sobre lo que pueda suceder en el futuro (Grote, 2009; Kadane, 2011; Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011). El concepto de riesgo está asociado a eventos que impactan negativamente en las carteras de los bancos. Por este motivo, resulta fundamental una gestión eficiente para morigerar estos efectos. Las organizaciones querrán enfrentar dichos riesgos para obtener un beneficio acorde a esa exposición. En particular, el riesgo de mercado se define como las posibles pérdidas relacionadas con las fluctuaciones en los precios de mercado que impactan en las posiciones dentro y fuera del balance de un banco (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006). Dado el esquema de regulación actual y las recomendaciones internacionales -como los acuerdos de Basilea- es necesario replantear algunas cuestiones relacionadas con causas y consecuencias de las crisis.

Esta investigación propone un análisis crítico de la evaluación del riesgo de mercado en organizaciones bancarias, contemplando el marco regulatorio y la práctica profesional responsable. Para ello, es estudiado el marco regulatorio y el rol de la autoridad bancaria en Europa y Argentina. Luego, es examinado el corpus teórico relacionado con la práctica profesional en organizaciones bancarias y la importancia del juicio de experto en la toma de decisiones. Esto da lugar a un estudio detallado de los fundamentos teóricos detrás de las medidas tradicionales y modernas del riesgo de mercado (Valor a Riesgo, Teoría de Valores Extremos y *Expected Shortfall*), ya que la gestión se realiza teniendo en cuenta estos modelos estocásticos. La presente tesis doctoral considera que la gestión del riesgo de mercado debe contemplar la dinámica organizacional de manera responsable (Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012) y responder a los estándares regulatorios con prácticas anticipatorias, reflexivas y deliberativas.

Para llevar a cabo esta tarea, la tesis propone diversos diseños metodológicos. En primer lugar, se muestran los resultados del procesamiento de entrevistas realizadas a expertos, vinculados con organizaciones bancarias y regulatorias, de Europa y de Argentina. Las

entrevistas fueron realizadas de manera profundas y no estructuradas, de forma presencial en Madrid y en Buenos Aires. En segundo lugar, se muestran los fundamentos estocásticos de las medidas asociadas al riesgo de mercado. Para realizar un análisis crítico, se ha consultado a expertos en estadísticas y contrastado el marco teórico con la importancia de estas mediciones para la gestión en bancos. En tercer lugar, se procesan los datos reales del mercado financiero: un banco español, el precio internacional de la soja y un portafolio con dos acciones de empresas líderes argentinas. Dicho procesamiento requiere implementar una rutina computacional para cada medida (Valor a Riesgo, Teoría de Valores Extremos y *Expected Shortfall*) buscando la eficiencia y simplicidad en el proceso.

En este contexto, la tesis muestra el resultado del contraste empírico de las medidas de riesgo de mercado para Argentina y España. De esta manera, se contrastan y comparan las mediciones con el objetivo de entender como impactan las distintas estrategias en la toma de decisiones. A partir de los hechos estilizados que se recogen de dicho diseño metodológico, esta tesis realiza una recomendación acerca de las prácticas profesionales en la gestión responsable de riesgos de mercado y su gobernanza. Estas recomendaciones se recopilan y protocolizan haciendo hincapié en las dimensiones de las prácticas responsables para la gestión del riesgo mediante un Comité de Expertos.

Palabras claves: Gestión – Responsabilidad – Organizaciones bancarias – Riesgo de mercado – Opinión de expertos

Clasificación JEL: D81, E58, G10, G32, M14.

INTRODUCCIÓN

En la última década se han suscitado una serie de acontecimientos que han puesto a prueba la estabilidad del sistema financiero a nivel mundial. Los mismos se presentaron como fenómenos de carácter intrínseco y no solo produjeron inmediata reacción –crisis- sino que vulneraron fuertemente la sustentabilidad de las instituciones a largo plazo. En particular, la última crisis financiera (2007/2008) ha mostrado un conjunto de falencias del sistema bancario que se derrama en la estructura de las organizaciones e impacta en su dinámica. En este contexto, cobra especial relevancia la gestión integral de riesgos bancarios que llevan a cabo las organizaciones bancarias. Las falencias parecen provenir de errores humanos, de problemas asociados a la práctica profesional. Sin embargo, la historia ha demostrado que existen profundas divergencias entre los mecanismos regulatorios y la capacidad de mutación de los fenómenos financieros que desencadenan situaciones críticas (Caruana, 2008; Han, 2015). Organismos internacionales, como el Banco Internacional de Pago (BIS) en Basilea, se han preocupado en aglutinar a los países con voluntad regular los mercados financieros y sanear al sistema. Dentro de estas regulaciones, las recomendaciones del Comité de Supervisión Bancaria han mostrado que el rol de la gestión integral de riesgos impacta en la dinámica de todo el sistema bancario, sobre todo luego del año 2007 (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2010b).

En este contexto, las crisis son manifestaciones de eventos extremos que ponen de manifiesto las vulnerabilidades del sistema bancario. En particular, el esquema regulatorio, los modelos matemáticos (para la medición y gestión del riesgo) y las prácticas profesionales de los tomadores de decisiones afectan de manera performativa¹ al mercado bancario (MacKenzie, Muniesa y Siu, 2007). Este carácter performativo se piensa auto-sustentable, pero es indudable que las crisis son causa y consecuencia de falencias en la regulación. En este marco, en los últimos años, se empezó a discutir acerca de la importancia de las prácticas responsables con y para la sociedad (Armstrong *et al.*, 2011; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012; Wendt, 2015). Esta tesis doctoral se desarrolla en el marco de responsabilidad que se gestó en Europa en los últimos años. La problemática que aborda está relacionada con la vinculación entre el juicio de expertos y

¹ El carácter performativo hace referencia a que la acción o la información generada por un agente modifica o transforma el entorno. En este caso, lo que haga o exprese un banco puede impactar en que se desencadene una crisis en todo el sistema bancario (Greenlaw *et al.*, 2011).

los modelos estadísticos para la gestión de riesgos bancarios y cómo debe pensarse la regulación para ser responsable.

Es importante destacar que el estudio no debe centrarse únicamente en la dinámica de los principales actores del sistema financiero mundial y debe considerar a economías menos profundas, desde el punto de vista financiero: liquidez y volumen de operaciones. Argentina, como miembro del G20 y del BIS en las recomendaciones de Basilea, ha adoptado a través del Banco Central (BCRA) un conjunto de lineamientos que captan las recomendaciones internacionales. Claro está, en sistemas financieros más endeblés y con falencias en cuanto a su atomización, la detección de estos eventos y su probabilidad de ocurrencia representa un desafío para los analistas o administradores de riesgos bancarios. Las variables que se ven involucradas en el diseño de modelos de gestión de riesgos para la consideración de escenarios críticos deben contener la dinámica científica, del sector y la regulación, desde un punto de vista responsable.

A la luz de los aspectos generales de la gestión de riesgos, la discusión está centrada en la implementación de los modelos que utilizan variables macroeconómicas y describen la dinámica del sistema bancario en escenarios estresados o con eventos extremos. En la actualidad, claramente, existe un gran volumen de información y los modelos de gestión basados únicamente en cálculos matemáticos no dan cuenta de la complejidad de ciertos fenómenos financieros. Desde un punto de vista teórico, no se incorpora la valoración subjetiva e imprecisa de los expertos, quienes son los encargados de tomar decisiones que afectan a todos los *stakeholders*² de una organización. En particular, las herramientas de gestión de riesgos financieros tienen un origen fuertemente vinculado con la estadística y matemática para procesar datos históricos o simular eventos inciertos.

La regulación debe dar cuenta de la observación subjetiva de los propios agentes que interactúan en las mencionadas organizaciones (Donaldson y Preston, 1995; Rowley, 1997). Estos *stakeholders* formaron sus decisiones basándose en una realidad teórica que predice eventos extremos con una probabilidad de ocurrencia muy baja, e intensidad muy alta. Luego, la crisis desnudó las falencias de esa improbabilidad, que, en rigor de verdad, debería ser una situación poco probable. En este sentido, es necesario revisar las técnicas actuales de gestión de riesgos en organizaciones bancarias. La auto-regulación y el

² El marco teórico de esta investigación considera a los *stakeholders* como todo aquel actor social que posee algún vínculo con la organización. Este vínculo puede ser comercial o pertenecer a la misma (como, por ejemplo, un accionista o *shareholder*)

carácter co-constituyente de los fenómenos que dispararon la crisis hacen deficiente el diseño de políticas y las recomendaciones en la búsqueda de una dinámica sustentable del sistema financiero en su conjunto.

Ante los nuevos desafíos que se plantean a partir de la última crisis financiera y las nuevas herramientas computacionales que impactan en la dinámica del sistema bancario, es necesario pensar nuevamente cómo se concibe la práctica profesional y su gobernanza. En particular, el marco teórico de las distintas teorías de la decisión está estrechamente relacionado con mediciones formales – matemática – de las posibles alternativas sobre las que formar una estrategia de gestión. El experto que toma decisiones en bancos se vale de su experiencia en el sector y su opinión personal. Dicha opinión es imprecisa e inexacta si se la mide y quiere convalidar con las herramientas matemáticas tradicionales. Sin embargo, muchas veces es más relevante para la gestión que un modelo matemáticamente muy elegante pero que no describe ni predice lo que ocurrirá en un futuro cercano.

En este marco, es necesario remarcar que el futuro es incierto. La medición de esta incertidumbre es lo que se conoce como riesgo. La práctica profesional debe tomar la información de los modelos estadísticos tradicionales que miden el riesgo, pero dicha medición debe verse alterada por la opinión del experto o un conjunto de expertos. Adicionalmente, es posible pensar en un Comité de *stakeholders* -empresas, clientes, empleados públicos, etc.- que opine acerca de la gestión del riesgo bancario. De esta manera, se configura una práctica responsable. Anticipatoria, desde el marco regulatorio -gobernanza- en relación a las características de la práctica profesional -visión *practitioner*-. Reflexiva, desde el cuestionamiento a los modelos matemáticos y estadísticos tradicionales y modernos y su utilización como herramienta de gestión de un riesgo que se presenta como performativo del mercado bancario y co-constituido (Beck, 1998). Deliberativa, cuando se ponen a prueba los resultados de la estimación y se formaliza el juicio de expertos de manera individual y grupal. En esta práctica, es posible pensar en un modelo híbrido -cuantitativo y cualitativo- de gestión responsable del riesgo.

La presente tesis doctoral tiene por objetivo general realizar un análisis crítico de la gestión del riesgo de mercado en organizaciones bancarias desde la práctica profesional hasta su regulación. Dentro de los riesgos a los que están expuestos los bancos, el riesgo de mercado se define como las fluctuaciones en los precios de mercado que impactan en las posiciones dentro y fuera del balance de un banco (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006). Para lograr este objetivo, se proponen tres objetivos específicos. En

primer lugar, realizar un estudio crítico de la práctica profesional en instituciones bancarias desde el corpus de las teorías de la Administración, hasta la regulación actual revisando las prácticas responsables. En segundo lugar, se propone estudiar críticamente las metodologías estocásticas para la evaluación de riesgo de mercado desde una perspectiva de los fundamentos teóricos y las implicancias en términos de la construcción de las mediciones y su impacto en la gestión. Finalmente, en tercer lugar, se propone un objetivo específico que es contrastar la evidencia empírica a la luz de los modelos teóricos y formalizar la opinión de expertos con técnicas que capten su naturaleza y muestren impacto en las decisiones de gestión. Con los tres objetivos específicos y sus alcances, es posible construir un conjunto de recomendaciones protocolizadas para el mencionado modelo de gestión del riesgo de mercado en bancos que sea responsable y contemple tanto a las mediciones estadísticas modernas como a la incidencia de la opinión de los expertos. Estas recomendaciones, como resultado del abordaje del objetivo general, constituye el principal aporte de la tesis.

La investigación realiza aportes tanto teóricos como empíricos a través de la metodología ejemplificadora. En primer lugar, la comprensión de la práctica profesional en bancos, desde una mirada crítica de las teorías de la Administración y realizando un conjunto de entrevistas a actores claves del mercado. En segundo lugar, el análisis crítico de la regulación del riesgo de mercado y las prácticas regulatorias no responsables. De esta manera, es posible introducir el concepto de gobernanza responsable en bancos. En tercer lugar, una mirada crítica de los principales modelos de estimación del riesgo mencionado, desde sus orígenes hasta las técnicas actuales. El aporte metodológico ejemplificador consistirá en la contrastación empírica de los modelos con datos del mercado financiero actual. Finalmente, al recoger los aportes parciales acerca de la importancia del juicio de expertos, los modelos estadísticos y la gobernanza responsable, la tesis aporta propuestas para un modelo híbrido de gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias.

La presente tesis doctoral se estructura en tres capítulos. El primero, elabora una discusión acerca de la práctica profesional en organizaciones bancarias y la relación con el marco regulatorio de la gestión de riesgos en esas instituciones. Dado que el objetivo específico es analizar críticamente ambas cuestiones, es necesario delimitar dos hipótesis. La primera, relacionada al carácter responsable de la regulación. Se plantea que el esquema regulatorio actual carece de responsabilidad. Respecto de la segunda hipótesis, se apunta

a la relación entre el juicio de expertos y la toma de decisiones para la gestión del riesgo de mercado en bancos. Entonces, se evaluará si el juicio de experto direcciona la práctica profesional. Es decir, la opinión fundamentada de los actores experimentados resulta importante como herramienta de legitimación de los procesos de control, seguimiento y mitigación de dichos riesgos. Para contrastar ambas hipótesis será necesario utilizar dos metodologías distintas. En particular, la primera de ellas es exploratoria, ya que analiza la literatura tradicional y moderna sobre las recomendaciones de los organismos internacionales y las normas locales de países de europeos y el mercado argentino. En cambio, para abordar la segunda hipótesis será desarrollada una metodología basada en entrevistas a expertos que tienen su actividad profesional en organizaciones bancarias y regulatorias, de Europa y de Argentina. Las entrevistas serán profundas y no estructuradas (Hernández Sampieri, 2003) con el fin de poder abordar ciertos tópicos de la gestión de riesgo de mercado y poder extraer conclusiones acerca de la importancia de dicha opinión en la gestión y mitigación del riesgo de mercado.

La importancia de este capítulo en el abordaje del objetivo general de la tesis radica en que se establecen las bases para diseñar críticamente un esquema de gobernanza responsable del riesgo de mercado en bancos. Dicho esquema se examina desde la dimensión anticipativa de las prácticas responsables. En este contexto, la regulación y su implementación en la práctica profesional debe dar cuenta de la necesidad de utilizar los modelos matemáticos para la medición del riesgo de mercado en bancos. No obstante, las decisiones las toman los agentes que tienen a cargo esa gestión. Por este motivo, los requerimientos regulatorios deben ser responsables y tener en cuenta la incidencia del juicio de experto en la toma de decisiones.

El segundo capítulo, presenta un estudio crítico de los fundamentos estocásticos de los modelos utilizados para la evaluación de riesgo de mercado. En particular, contextualiza la discusión en la problemática de la racionalidad humana frente a las condiciones de incertidumbre del futuro. El diseño metodológico está centrado en la exploración y el desarrollo no-experimental para el estudio crítico de los modelos matemáticos. En relación al objetivo general de la investigación, en este capítulo, se examinan las principales medidas de riesgo tradicionales (Basak y Shapiro, 2001; Bessis, 2011; Duffie y Pan, 1997; Jorion, 1997), tales como Valor a Riesgo (VaR) tanto en su determinación normal como la estimación basada en técnicas no-paramétricas. El centro de la discusión es la importancia de la coherencia como característica deseable de una medida asignada

a un espacio probabilístico determinado. En relación a este concepto, desde una visión más moderna, se estudia en detalle la Teoría de Valores Extremos (EVT, *Extreme Value Theory*) que hará foco en el riesgo de la cola de la distribución de ganancias y pérdidas. Finalmente, la propuesta metodológica consiste en analizar, en detalle, los modelos alternativos de Déficit Esperado (*Expected Shortfall, ES*). Estos modelos son conocidos como VaR Condicional (CVaR), porque son medidas condicionadas a la ocurrencia de pérdidas por encima del umbral del VaR normal. Las hipótesis que se plantean, en relación con este estudio teórico, son dos: el VaR tradicional en activos muy expuestos a riesgos de mercado es ineficiente en la predicción de pérdidas cuando existen colas pesadas; *ES* y *EVT* poseen coherencia como medidas de riesgo y son más eficiente que VaR en la predicción de riesgos extremos.

La primera de esas hipótesis refiere a la cuestión de la coherencia de la medida. En particular, será importante la discusión acerca de la sub-aditividad. Es decir, es importante que la medida sea sub-aditiva, ya que es la comparación entre la suma de riesgos individuales y el riesgo de la suma de activos. La diversificación de los riesgos es fundamental tanto en la gestión de la exposición a los mismos, como también, en los requerimientos de la autoridad regulatoria. Como fue mencionado, la existencia de eventos extremos potencia la pérdida esperada si la distribución de pérdidas y ganancias presenta colas más pesadas que la normal. La segunda hipótesis hace referencia al objetivo específico planteado. Dada la teoría EVT y los modelos de VaR condicional, la comparación contra el VaR tradicional delimita la importancia de la utilización de estos modelos en la práctica profesional. De igual modo, si los modelos coherentes son superadores de los tradicionales (y mantienen el nivel de sofisticación) serán necesarios como requerimientos de la política regulatoria. Por todo lo mencionado, la dimensión central (en términos de la responsabilidad) de este capítulo es reflexiva.

El tercer capítulo, aborda tres cuestiones fundamentales para el objetivo general de la presente investigación. En primer lugar, contrasta la evidencia empírica a la luz de los modelos teóricos desarrollados en el capítulo anterior. En segundo lugar, explora los principales aportes del corpus teórico que refieren a la formalización de la opinión de expertos. En tercer lugar, recoge los aportes y realiza un conjunto de recomendaciones protocolizadas para un modelo de gestión responsable del riesgo de mercado. En función de lo mencionado, las hipótesis de trabajo son las mismas que se formalizaron en el capítulo anterior. Pero como el diseño metodológico es no-experimental, correlacional y

de corte transversal, la hipótesis se contrasta de forma empírica. Se buscará evidencia para mostrar la importancia de los modelos basados en medidas coherentes. Adicionalmente, se buscará comparar las medidas entre sí para casos concretos del mercado financiero local, europeo y la discusión en términos de una cartera de inversión.

Respecto de la formalización de las opiniones de expertos, se hará énfasis en las técnicas y teorías para la obtención de información cualitativa y el procesamiento de la misma. Esta información surge de la opinión y experiencia de los agentes decisores al interior de las organizaciones bancarias. Los mismos basan su gestión en la subjetividad de su experiencia y concepciones acerca de lo que creen que ocurrirá en el futuro. En particular, la opinión de expertos impactará en dos cuestiones relacionadas con la medición del riesgo de mercado. Por un lado, el conjunto de expertos determinará el umbral de la cola de distribución de pérdidas y ganancias, es decir, las observaciones de pérdidas máximas (y baja frecuencia) que se deben incluir en dicha cola. Por otro lado, el nivel de confianza en la medición de la exposición al riesgo de mercado. La formalización de la opinión de expertos se presentará por dos vías teóricas. Por un lado, se utilizará la lógica borrosa (Zadeh, 1965, 2006) para obtener, procesar y utilizar la información cualitativa a partir de predicados vagos que surgen de la opinión subjetiva de un experto. Por el otro, mediante las técnicas y estudios Delphi, se mostrará la importancia de procesar la interacción de dos o más expertos. A partir de esa interacción, se podrá pensar en decisiones que son consensuadas -legitimidad de pares-. Por todo lo enunciado se aborda, en este capítulo, la dimensión deliberativa como práctica responsable.

Finalmente, integrando todo lo expuesto, se elabora un conjunto de recomendaciones protocolizadas para un Comité de Expertos que lleve a cabo una gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. En este marco, se implementa de manera responsable -anticipativa, reflexiva y deliberativa- una gestión híbrida que contempla la parte formal de los modelos estadísticos, pero basa su gestión en la subjetividad del conjunto de expertos para la determinación del umbral de la cola de distribución de pérdidas y ganancias y el nivel de confianza en la medición de la exposición al riesgo de mercado.

1. PRÁCTICA PROFESIONAL EN INSTITUCIONES BANCARIAS: DIMENSIÓN ANTICIPATIVA

Introducción al capítulo

El presente capítulo tiene como objetivo específico el estudio crítico de la práctica profesional en instituciones bancarias. Para ello, es necesario el abordaje de los conceptos teóricos de las ciencias de la administración, relacionados con la toma de decisiones. Para el diseño metodológico, se harán entrevistas a actores sociales claves denominados expertos, de manera tal de introducir datos cualitativos al análisis propuesto (Gallart, 1993; Meo y Navarro, 2009). De esta manera, el aporte fundamental del capítulo es un estudio empírico de cómo éstos trabajan al interior de las organizaciones bancarias para gestionar riesgos, particularmente en esta tesis, riesgo de mercado.

Con el propósito de profundizar el estudio propuesto, se analiza el marco regulatorio y se considera la necesidad de incorporar al corpus teórico el paradigma de responsabilidad como característica fundamental para la sanidad del sistema de organizaciones bancarias (Adams, 2008; Casparri, García-Fronti y Masci, 2015; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012). Sin embargo, la responsabilidad es un atributo que involucra productos y sustentabilidad, a la vez que comprende procesos y personas en una dinámica con y para la sociedad. Se plantea así, una primera hipótesis de trabajo: el esquema regulatorio actual carece de responsabilidad. En este sentido, es imprescindible realizar un análisis minucioso de la actividad en organizaciones bancarias desde la óptica de los actores que interactúan en ella día a día.

Otra hipótesis de trabajo derivada del estudio, es que el juicio de experto direcciona la práctica profesional. Aun cuando el uso de modelos matemáticos son la base de la gestión de riesgos bancarios, y son los requisitos regulatorios que mayormente promueven los acuerdos y marcos regulatorios internacionales -como los del Comité Basilea (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006, 2010a, 2010b, 2012, 2013)-, la opinión fundamentada de los actores experimentados resulta importante como herramienta de legitimación de los procesos de control, seguimiento y mitigación de los efectos adversos que pueda implicar el riesgo de mercado para la organización.

Para llevar a cabo la tarea presentada, el capítulo se divide en cinco secciones. En la primera de ellas, será abordado el marco teórico de la práctica profesional en organizaciones bancarias poniendo énfasis en el aspecto más importante a la hora de ponderar la opinión de expertos: los procesos de toma de decisiones. Para articular los conceptos clásicos, se utiliza la teoría de la administración tradicional y el enfoque de destacados profesores argentinos. El mencionado marco teórico posibilita dos aspectos que serán explotados a lo largo del capítulo: el uso de modelos teóricos formales para tomar decisiones y el uso de información cualitativa y datos no numéricos.

Respecto al marco regulatorio, la segunda sección describirá y analizará en detalle aquellos que refieren a la gestión de riesgos en bancos. Para ello se examinan algunas cuestiones relacionadas con las experiencias regulatorias en países centrales y su importancia en contextos de crisis. Luego, se introduce la taxonomía de riesgos bancarios que será la base de la gestión integral de los mismos. Para ello, se utilizará el marco regulatorio que propone el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2006, 2010a, 2010b) como parte del Banco Internacional de Pagos, del que Argentina es miembro. De esta manera, será definido claramente el riesgo de mercado y situado en la gestión integral de riesgos dentro de una organización bancaria.

La tercera sección tendrá como desafío incorporar a lo desarrollado en las secciones anteriores, las herramientas estadísticas y matemáticas para la toma de decisiones. Resulta imprescindible contar con el marco teórico necesario para introducir el juicio de expertos en los procesos formales -modelos estadísticos y/o matemáticos-. El modo en que se toman decisiones al interior de una organización bancaria, según la hipótesis de trabajo mencionada, tiene estrecha relación con los modelos teóricos basados en datos cuantitativos.

Una vez estudiado en detalle los aspectos regulatorios y la práctica profesional como marco teórico, la cuarta sección recogerá las categorías sobresalientes de las secciones anteriores y formulará un modelo de gestión del riesgo bancario basado en la responsabilidad social corporativa y gobernanza financiera. Para ello, serán estudiados los fenómenos regulatorios como innovaciones financieras responsables, cuyo marco teórico data de los últimos años y tiene su origen en el trabajo de Armstrong M. *et al.* (2011). La propuesta de gobernanza financiera responsable fusiona los conceptos antes mencionados y enfatiza en la importancia de vincular a todos los actores involucrados en la organización bancaria en la toma de decisiones. Asimismo, la propuesta está inserta en

el paradigma de investigación responsable e innovación de la Comunidad Económica Europea (Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012).

Finalmente, y con el propósito de contrastar empíricamente la hipótesis, en la quinta sección será desarrollada una metodología de procesamiento de entrevistas a expertos relacionados con organizaciones bancarias y regulatorias de Europa y de Argentina. Las entrevistas serán profundas y no estructuradas (Hernández Sampieri, 2003) con el fin de abordar ciertos tópicos de la gestión de riesgo de mercado y poder identificarla influencia de sus juicios en la toma de decisiones y en la gestión. Será necesario entonces, demostrar metodológicamente la vinculación entre la información cuantitativa y cualitativa (Guber, 2004) y cómo ésta impacta en la gestión experta.

1.1. La práctica profesional en organizaciones bancarias

De acuerdo a lo mencionado en la introducción del capítulo, la presente sección tiene como motivación introducir los aspectos teóricos elementales de los procesos decisorios en las organizaciones. Esto constituye una base fundamental para sostener esta investigación dentro de la Teoría de la Administración.

La sección está organizada en dos partes. En la primera, se examinan los aspectos relacionados con el proceso decisorio en el marco de Teoría de la Decisión. La segunda parte, a partir de los conceptos generales, desarrolla las herramientas teóricas elementales para llevar a cabo un proceso que involucre procesar información y tomar decisiones.

1.1.1. Los procesos decisorios en las organizaciones

Los procesos de decisión son herramientas fundamentales en la gestión de acontecimientos que se llevan a cabo en la vida cotidiana e inciden en las relaciones económicas entre individuos. Dentro de las ciencias de la Administración cumplen un rol muy importante. Cuando se trata de situaciones en las que existe certeza respecto de cómo se comporta el fenómeno al que se enfrenta un actor que tiene que tomar una decisión, la rama de la investigación operativa sienta las bases de los lineamientos lógicos para resolver dichas problemáticas. En la medida que existan situaciones abiertas (no

operativas, no repetidas) el escenario es más confuso. La Teoría de la Decisión echa luz sobre los procedimientos y herramientas necesarias para enfrentar estas cuestiones.

En Teoría de la Decisión, Patricia Bonatti *et al.* (2011) desarrolla un conjunto de ideas muy claras respecto de las problemáticas y posibles alternativas para solucionar cuestiones relacionadas con la incertidumbre, sesgos de percepción del agente decisor y otros determinantes interesantes para la teoría.

Una primera problemática consiste en trabajar los conceptos objetivo y subjetivo. El mundo que nos rodea rara vez presenta características objetivas. Está en la naturaleza del ser humano imprimir subjetividades en la propia visión de los fenómenos, a la vez que los procesos decisorios son en gran medida construcciones subjetivas. Los autores se refieren aquí al mundo percibido por el decisor. En este sentido, la construcción y diseño de estrategias de decisión conlleva la impronta subjetiva de la visión sobre el entorno incierto, y afecta a la determinación de las preferencias individuales. Las mismas constituyen una base importante del proceso decisorio.

En este marco, Bonatti *et al.* (2011) definen al proceso de decisión de la siguiente manera:

Decidir es un proceso voluntario, sistemático, que a través de un análisis subjetivo, en ejercicio del razonamiento y con la emoción propia del ser humano, obtiene la elección/acción de una alternativa (o curso de acción) para cumplir con los fines, objetivos, propósitos previamente definidos, clarificados y ponderados por el sujeto (...) (Bonatti, Weissmann y Israel, 2011:21)

El proceso posee características subjetivas dadas por la propia naturaleza del ser humano. Aislar al sujeto de su carga emocional y de su visión subjetiva de la realidad, implicaría desconocer que todos los individuos captan el mundo a través de sus sentidos y esto genera distorsiones e imprime modos de ver y pensar que difieren entre sí. Por otro lado, el proceso que resulta voluntario debe ser satisfactorio en tanto conduzca hacia una alternativa que permita alcanzar un objetivo o fin determinado. Esta acción da lugar al proceso decisorio y motiva la instrumentación de una estrategia que capte la realidad observada y permita delimitar un campo de acción.

El mundo que rodea al decisor no está libre de arbitrariedades y falta de información, que configura una realidad inmersa en lo incierto. Sobre este aspecto se debe trabajar bajo la

óptica de la Teoría de la Decisión. A su vez, es importante destacar que el individuo que debe tomar una decisión no se encuentra aislado del mundo, sino que interactúa con otros sujetos. Esto da lugar a la idea de comportamiento estratégico, en tanto la influencia de dichas relaciones afecta al proceso decisorio. En este marco se configuran las herramientas analíticas provistas por la Teoría de los Juegos, muy utilizadas en la disciplina que describe el comportamiento de unidades económicas individuales – microeconomía-. Los individuos, a nivel microeconómico, son decisores que captan mediante sus sentidos la realidad que los rodea –mundo- y aplican criterios racionales para tomar decisiones que conducen a alcanzar objetivos científicos, como la maximización de utilidad o la minimización de costos/gastos. En ese plan de acción, se configura una gran cantidad de elementos que son importantes en el proceso decisorio, que requiere racionalidad instrumental en tanto las elecciones y acciones contingentes surgen de un proceso de deliberación. El siguiente cuadro resume el esquema simple del proceso mencionado:

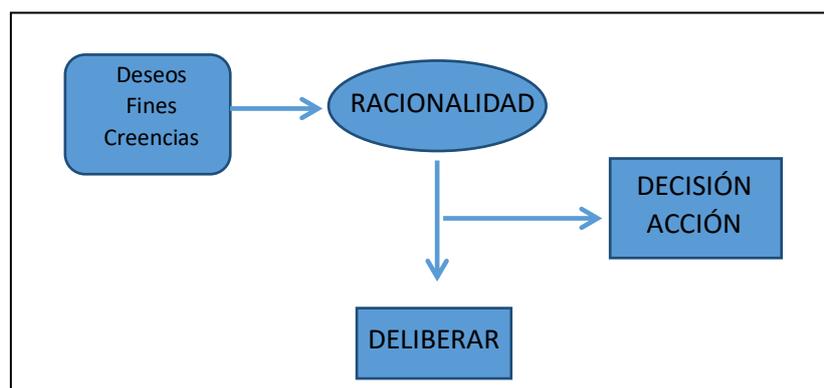


Figura 1.1. Proceso decisorio

Fuente: Elaboración propia en base a Bonatti, P. *et al.* (2011)

Desde la perspectiva de la Teoría de la Decisión, disciplina muy importante dentro de la Administración, se desarrollan los conceptos relacionados con la Teoría Mínima de Racionalidad Instrumental Mínima. En ella se exponen diversas cuestiones relacionadas con el esquema presentado (Figura 1.1.), donde cobra relevancia la idea de racionalidad deliberada en la toma de decisiones, trabajando con el proceso decisorio a través de la búsqueda de delimitar la reflexión. Éste es visto como un proceso complejo donde se articulan las relaciones de los elementos que son captados por los individuos tomadores de decisiones. La mirada puesta hacia adelante, a futuro, implica que debe existir un mínimo de reflexión y que los hechos deben ser intencionales. A pesar de ello, pueden existir, como se mencionó, sesgos o confusiones que alteren las decisiones.

Por su parte la Teoría Microeconómica, y en particular sus análisis sobre conductas del consumidor racional, trabaja sobre la idea de preferencias como una forma de ordenar y cuantificar la satisfacción que le reporta a un agente económico el consumo de ciertos bienes o canastas asequibles. Si el decisor se ve incapacitado para definir las preferencias, el proceso se complica y da lugar a una serie de elementos que deben especificarse muy bien para captar la naturaleza de la decisión. En los próximos apartados del capítulo se trabajan las herramientas para tomar decisiones y se expone un caso de estudio que incumbe a la problemática expuesta.

La teoría de las preferencias (Varian, Rabasco y Toharia, 2001) presenta dos alternativas en cuanto a la consideración de canastas de bienes deseables. Una de ellas está relacionada con la idea de establecer un ordenamiento de preferencias en función de los gustos del agente, dando lugar a la teoría de la utilidad *ordinal*. La otra alternativa, afirma que se pueden utilizar herramientas matemáticas que capten el comportamiento del agente representativo individual mediante una función de utilidad cóncava, esto es, primer diferencial positivo y segundo negativo, de modo tal de representar las decisiones de consumo mediante la maximización de dicha función. Esta teoría se encuentra en el marco de las utilidades *cardinales*, en la que es posible cuantificar la satisfacción que le reporta a un individuo el consumo de un bien. Dada la concavidad de la función se puede observar que opera el principio de utilidad marginal decreciente, de manera tal de cumplir con las propiedades de la utilidad³ relacionadas con monotonía, no saciedad local, completitud, etc. (Debreu, 1959).

En este punto, se puede apreciar un hecho importante que hace a la problemática de la toma de decisiones en contextos complejos, donde el agente no tiene una percepción perfecta y completa del entorno. La racionalidad en términos económicos se mide, naturalmente, por el cumplimiento de la transitividad en el ordenamiento de preferencias:

$$A \succeq B ; B \succeq C \Rightarrow A \succeq C$$

Se lee, “si A es preferido al menos tanto como B, y B es preferido al menos tanto como C, entonces A es preferido al menos tanto como C”. El hecho de no ser una preferencia estricta, da lugar a consideraciones respecto de la indiferencia entre canastas, sin embargo, a los fines de este trabajo, se consideran otras perturbaciones que pueden alterar

³ Queda al margen del objetivo de este trabajo el desarrollo teórico de estas cuestiones. Para mayor detalle ver: Varian *et al.* (2001) y Debreu, G. (1960).

el orden lógico propuesto. El agente racional puede ver alterada su formación de decisiones por diversas cuestiones. Entre ellas, cuestiones relacionadas con la falta de información, perturbaciones ideológicas, obediencia a relaciones de autoridad, etc. Todo esto lleva a que se den situaciones en las cuales no se revelan las preferencias de manera adecuada, al menos en lo que a teoría respecta.

Un caso interesante es el que presentó el Premio Nobel de Economía en 1988, Maurice F. C. Allais en el que expone una inconsistencia entre las preferencias esperadas y reveladas. Dicha inconsistencia, además de otorgarle el galardón de la academia sueca, lo inmortalizó en lo que se conoce como paradoja de Allais. Veamos el siguiente ejemplo, que se encuentra en la mayoría de los artículos que tratan esta cuestión⁴:

Se tiene que elegir entre las siguientes alternativas:

- Opción A:
 - Gana \$ 2.500 con una probabilidad de 0,33
 - Gana \$ 2.400 con una probabilidad de 0,66
 - Gana \$ 0 con una probabilidad de 0,01
- Opción B:
 - Gana \$ 2.400 con certeza (una probabilidad de 1)

Se le pide al agente que elija una lotería.

Alternativamente, se le dan otras dos opciones:

- Opción C:
 - Gana \$ 2.500 con una probabilidad de 0,33
 - Gana \$ 0 con una probabilidad de 0,67
- Opción D:
 - Gana \$ 2.400 con una probabilidad de 0,34
 - Gana \$ 0 con una probabilidad de 0,66

Maurice Allais (1956) descubre que empíricamente se evidencia que la mayoría de las personas que forman sus decisiones con esta información, establece el siguiente orden de preferencias:

⁴ Para una explicación didáctica e interesante véase el libro de Adrián Paenza (2007). *Matemática, ¿estás ahí? Episodio 3.14*. Siglo XXI Editores. Buenos Aires. Pp. 161-162 y 233-234.

$$B \succsim A \quad ; \quad C \succsim D$$

Esta decisión, aunque mayoritariamente compartida, se encuentra alejada del sentido racional estricto de la microeconomía. Se puede apreciar que un agente que decide B por sobre A, quiere evitar tomar el riesgo de perder todo (con probabilidad del 1%) y opta por la certeza. En términos de esperanzas matemáticas, la opción A reporta una ganancia esperada mayor ($2500 \cdot 0.33 + 2400 \cdot 0.66 + 0 \cdot 0.01 = 2409 > 2400$). Sin embargo, opera el principio precautorio de la aversión al riesgo. En el segundo caso, el agente toma el riesgo porque ambas loterías están sujetas a leyes de la probabilidad y decide con sentido de esperanzas matemáticas, aquella que paga más ($2500 \cdot 0.33 > 2400 \cdot 0.34$). Existe una inconsistencia, que viola el principio de transitividad y se produce un efecto de reversión a la preferencia cuando el agente se ve obligado a tomar el riesgo asociado a una contingencia.

De los conceptos tratados hasta aquí, se puede apreciar que las preferencias, utilidad y las probabilidades asociadas a escenarios futuros son términos inobservables. El individuo decisor tiene que arbitrar algún mecanismo que capte la naturaleza de la decisión bajo incertidumbre. En el próximo apartado se exponen algunas herramientas fundamentales para la toma de dichas decisiones.

1.1.2. Herramientas fundamentales de la práctica profesional

Del análisis presentado en el apartado anterior, se advierte que el proceso decisorio implica una serie de pasos o actividades estructuradas, que se clasifican de acuerdo a la dinámica de las decisiones, esto es, si se realizan por única vez o si persiguen una lógica secuencial.

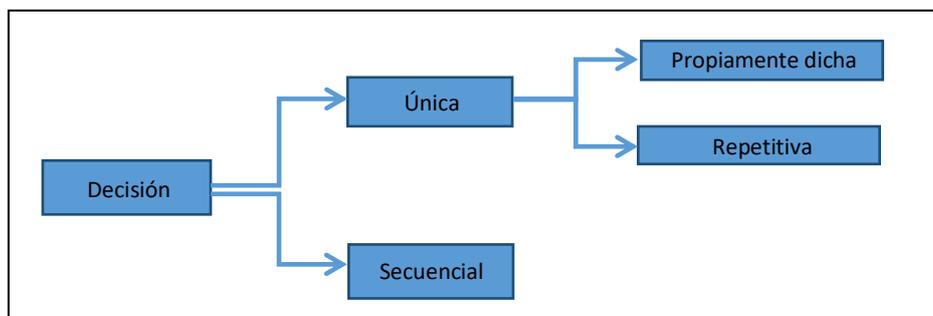


Figura 1.2: Proceso decisorio en etapas

Fuente:Elaboración propia en base a Bonatti, P. *et al.* (2011)

A los fines de exponer las principales características de dicha clasificación se pondrá énfasis en el marco conceptual que sustenta la existencia de esa tipología. Luego, se mostrará cómo se aplica una de ellas, estudiando un caso puntual.

La primera distinción entre decisiones únicas y secuenciales, hace referencia al alcance del proceso decisorio. Si las implicancias de la toma de decisiones se pueden ver en un momento determinado o si, en cambio, se producen situaciones en las cuales se tenga que conocer la historia del proceso de decisión porque los hechos están, de alguna manera, concatenados. Esta última clasificación resulta, por lo tanto, más compleja por la relación que guardan las decisiones en distintos nodos. Dichos nodos pueden ser momentos del tiempo ($t; t + 1; \dots; t + n$) o planes contingentes ($S_1; S_2; \dots; S_n$).

Normalmente las decisiones de naturaleza única son representables mediante matrices de decisión, mientras que las de naturaleza secuencial resultan más gráficas si se las representa con árboles de decisión⁵. En el presente capítulo, se utilizan matrices de decisión por ser la más adecuada al caso de estudio que corresponde a un proceso decisorio único.

Una matriz de decisión resume los posibles escenarios que se relacionan con una decisión puntual. Se articula como un cuadro de doble entrada y el objetivo principal es ordenar un curso de acción delimitado. La información contenida en dichas herramientas puede tener estructura de probabilidades de ocurrencia de una variable y el curso de acción asociado, o pueden tener números de observaciones. En cualquier caso, la información revelada es igualmente útil para el analista.

Es posible armar matrices de varios tipos, dependiendo del grado de información y el contenido certero o incierto de los datos que contengan. En condiciones de certeza, existen muchos modelos matemáticos que predicen con exactitud la mejor decisión asociada a un conjunto de funciones. Son procesos de maximización sujeta a restricciones, donde la naturaleza lineal de las mismas permite incluir las herramientas de Programación Lineal clásica -método simplex, dual, etc.-. También se pueden articular las técnicas desarrolladas por Lagrange, en su principio de máximo mediante la inclusión de multiplicadores. El problema se suscita cuando se intenta articular este conocimiento para captar condiciones de incertidumbre. Para ello se utilizan herramientas derivadas de

⁵ Esta representación es hartamente utilizada en la Teoría de los Juegos. Ver Gibbons (1993)

la teoría de la probabilidad o el cálculo estadístico, desde su versión más tradicional, hasta modelizaciones estocásticas o mediante criterios borrosos.

Una matriz completa se presenta de la siguiente manera:

	V^1		V^2		
	$N_{11} \cdot p_1$	$N_{12} \cdot p_2$	$N_{21} \cdot p_1$	$N_{22} \cdot p_2$	$N_{23} \cdot p_3$
S_1	R_{111}	R_{112}	R_{121}	R_{122}	R_{123}
S_2	R_{211}	R_{212}	R_{221}	R_{222}	R_{223}
S_3	R_{311}	R_{312}	R_{321}	R_{322}	R_{323}

Tabla 1: Matriz de decisiones y resultados con variables aleatorias
Fuente: Elaboración propia en base a Bonatti, P. *et al.* (2011)

En la tabla 1, V^i representa a las variables no controlables ($\forall i = 1, \dots, n$); S_i son las alternativas de decisión; N_{ij} representan los estados de la variable y los subíndices son: i estado de la variable j ; p_i son las probabilidades asociadas a cada uno de los estados; R_{ijk} representan los resultados observados y los subíndices son: i es la alternativa, jk responde al estado correspondiente.

Es importante destacar que el analista confecciona su matriz de acuerdo a los datos que considere relevantes. En general, todo proceso decisorio se mueve en contextos inciertos y esto da lugar a la formación de escenarios o estados afectados por leyes probabilísticas. En el apartado tres se expondrá un ejemplo de decisión muy interesante, que representa aquella que enfrentan los bancos privados a la hora de otorgar créditos hipotecarios a individuos. Se verá que las decisiones en contextos inciertos implican tomar ciertos recaudos que se traducen en los famosos *trade-off's* típicos de los fenómenos económicos. En esta instancia analítica, y como se desarrolla más adelante, es importante articular el concepto de dominancia. Se dice que existe dominancia cuando se pueden eliminar alternativas dado que redundan bajo la existencia de otras alternativas. En Teoría de Juegos, por ejemplo, este hecho es muy usual y se dice que un equilibrio de Nash (en estrategias puras) nunca es dominado por otras estrategias (Gibbons, 1993).

Para la Teoría de la Decisión, la existencia de dominancia implica simplificar el análisis, o quitarle complejidad. Ya sea en forma absoluta o relativa, la dominancia se verifica a partir de los resultados asociados a cursos de acción, frente a alternativas de decisión. Una

alternativa (S_i) es dominante frente a otra alternativa (S_k) si todos los resultados asociados a la primera, son mejores o iguales a los resultados de la segunda, frente a todos los estados de la naturaleza.

Finalmente, para completar el esquema de herramientas necesarias para analizar un caso de estudio puntual, se deben incorporar algunas cuestiones relacionadas con criterios asociados a captar condiciones de incertidumbre. Como se mostró en el apartado anterior, la modalidad de selección acorde al valor esperado de una lotería es un criterio muy utilizado. Es importante recordar que el mismo es el promedio ponderado de los resultados asociados a los estados posibles. La ponderación viene dada por las probabilidades de cada escenario. Lo que resulta importante es que una vez calculado el valor, mediante el uso de las esperanzas matemáticas, se debe establecer si es óptimo maximizar o minimizar dicha expresión. Según se tratase de ganancias o de pérdidas es óptimo estimar la posibilidad de obtener el mayor o menor valor posible, según el caso. Claramente, al incluir ponderadores subjetivos -probabilidades- el procedimiento es criticable en la medida que no capta una dinámica o evolución de los datos relevantes. Asimismo, bajo estos lineamientos surgen conflictos asociados a eventos estadísticos. Los principios que fundamentan las decisiones bajo incertidumbre se basan en poder asignar un valor probabilístico a la ocurrencia de un evento. Si esto no puede garantizarse, y el decisor no tiene forma de asignar probabilidades, se pueden llevar a cabo procedimientos basados en criterios subjetivos.

En términos matemáticos, también es posible ensayar criterios a partir de números borrosos (*fuzzy sets*) (Medina Hurtado y Paniagua Gomez, 2008), que se desarrollarán más adelante en esta investigación. Al respecto, Andrea Arias (en Bonatti *et al.* 2011) presenta distintos criterios interesantes, que estarán relacionados con valores personales -aquí vuelve a cobrar relevancia el sesgo cognitivo- y a la preferencia individual frente al riesgo. Éstos permiten construir escenarios para analizar la sensibilidad de la decisión: criterios bajo pesimismo, optimismo y/o equiprobables. Este tipo de tratamiento es muy usual en la teoría clásica de finanzas corporativas, donde rige la selección de cursos de acción acordes a escenarios inciertos, donde no es posible saber la probabilidad de ocurrencia de los mismos. La ponderación subjetiva hace complejo este análisis dado que la probabilidad de ocurrencia de un hecho no surge de valores observados del pasado, ni hay posibilidad de repetir el evento.

Presentado el marco teórico, en la siguiente sección se introduce otro tema importante para la presente investigación: los aspectos regulatorios del sistema bancario. Las organizaciones bancarias, si bien poseen características propias, son entes que están conformados por personas que toman decisiones de gestión y desde este punto de vista serán consideradas a los fines de esta investigación. En particular, se tomará en cuenta que dichas entidades están expuestas a riesgos, entendidos como eventos que ocurren con cierta frecuencia y que impactan en el valor de la firma. Las decisiones de gestión individual pueden morigerar la exposición a los mencionados riesgos. No obstante, es necesario un marco regulatorio en pos de la sanidad del sistema financiero en general y del bancario en particular.

1.2. La organización bancaria y la gestión integral del riesgo

Los principios teóricos que fundamentan los mecanismos de regulación financiera son importantes para lograr una correcta gestión integral del riesgo (Brunnermeier *et al.*, 2009). Sin embargo, no puede ignorarse que la evolución de las entidades financieras y las operaciones entre los agentes a niveles nacional e internacional, devienen en situaciones de crisis en las cuales se estrangulan las relaciones normales de comportamiento del sistema. Tanto las determinaciones teóricas como el análisis de la realidad al producirse eventos extremos, deben formar parte de las herramientas de ingeniería financiera que sirven de sustento para lograr la sanidad del sistema financiero mundial (Caruana, 2008).

En Argentina, la década de 1990 fue particularmente crítica respecto del sistema financiero y su regulación (Rozenwurcel, Bleger y Kampel, 1997). Esa etapa histórica se denominó de revalorización financiera, y estuvo caracterizada por la desregulación de los mercados, lo que desembocó en la peor crisis económica argentina hacia el año 2001. En la actualidad, a nivel mundial en general y en los países menos desarrollados en particular, se atraviesa una situación de gran relevancia del sector financiero en las economías regionales, que conlleva la necesidad de acuerdos de regulación que impacten en la dinámica de los mercados y eviten situaciones de crisis (Caruana, 2010).

En este marco, la presente sección examina en detalle los aspectos regulatorios del sistema bancario, haciendo énfasis en algunos casos notables. Luego, se analizan los

lineamientos para la gestión integral de riesgos en organizaciones bancarias que sugieren los acuerdos del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea -como parte del Banco de Pagos Internacionales-, conocidos como Basilea II y III.

1.2.1. Regulación del sistema bancario

La evolución de los mercados en general, y del financiero en particular, ha sido caracterizada por múltiples factores de interés académico, entre ellos su profundidad, el alcance internacional y las especies nuevas que se intercambian (Copeland *et al.*, 2005; Thomas, 1996). Las características del mercado bancario, como actor destacado dentro del mercado financiero, han sufrido modificaciones a lo largo de los años, tanto a nivel local, como regional y mundial (Berger, Herring y Szegö, 1995; Bessis, 2011; Drehmann, 2009). Dichas modificaciones, refieren en algunos casos a la evolución tecnológica y computacional de los productos y procesos, mientras que en otros, obedecen a los cambios drásticos en el modo de concebir las relaciones intra e inter-organizacionales. A estas últimas, la taxonomía tradicional las identifica como procesos de crisis. Resulta complejo estudiar un fenómeno asociado al mercado bancario contemporáneo sin analizar profundamente las causas y consecuencias de la última crisis financiera global (en inglés, *Global Financial Crisis*, GFC). Existen innumerables artículos científicos sobre este fenómeno que estudian distintos focos de investigación (Caruana, 2008; Han, 2015).

Tal como se mencionó en la introducción de la tesis, el presente capítulo tiene como objetivo específico el análisis crítico del mercado bancario poniendo especial énfasis en la regulación de un tipo de riesgo al que los bancos están expuestos: el de mercado. Esta perspectiva requiere el estudio de los mecanismos de regulación y su evolución temporal contemporánea (Brunnermeier *et al.*, 2009). A la luz de la teoría organizacional asociada a las prácticas corporativas responsables, es necesario problematizar dicho objetivo, para que sea posible caracterizar tal regulación como responsable o no (Adams, 2008; Casparri, García-Fronti y Masci, 2015; Cochran y Wood, 1984).

En particular, la tesis aborda metodológicamente un análisis crítico que compara los sistemas europeos con el argentino. La hipótesis de trabajo es que en los países europeos

desarrollados el concepto de responsabilidad está presente en el marco regulatorio, mientras que en Argentina se carece de este aspecto.

1.2.1.1. Crisis Financiera Global: causas e impactos

La crisis financiera global (GFC) 2007/2008 pone de manifiesto las deficiencias de los Bancos Centrales en la regulación de los otros bancos comerciales. Miao Han (2015) resalta que la GFC tuvo su origen en las hipotecas de baja calificación, pero que rápidamente generó impacto como catástrofe mundial.

Al respecto, este autor menciona una serie de episodios que marcaron el ritmo de la crisis como el pronunciado aumento de tenencia de activos estadounidenses por parte de países en desarrollo, provocado por las bajas tasas de interés real y la importancia relativa de la inflación desde mediados de 1990 a 2005. Señala que fue necesario que la burbuja explotara para que las tasas nominales se reduzcan, crezca la liquidez vía expansión monetaria y con ello se controle el nivel general de precios, el riesgo país y el nivel de endeudamiento.

El impacto directo de la política monetaria recayó sobre el sector bancario y asegurador, ya que se afectó fuertemente el nivel de precios de las propiedades y el contexto de tasas hizo imposible el repago de las hipotecas (Han, 2015:41). Asimismo, destaca el hecho de que las inversiones inmobiliarias estaban fuertemente encadenadas con otros sectores económicos como son los rubros relacionados con la construcción, los ciclos de negocio -alquileres, rentas-, etc.

Por otro lado, en busca de las posibles causas de la GFC, Miao Han (2015) advierte transformaciones profundas en el mercado financiero -con instituciones altamente apalancadas, créditos securitizados, etc.- que no fueron acompañadas por cambios significativos en materia de regulación y supervisión. Esta debilidad regulatoria, provocó un cambio importante respecto del modelo de negocios inmobiliario, que pasó del típico esquema de “comprar y mantener” inmuebles, al de “tradar” productos securitizados, como los *mortgage-backed securities*. Esto generó fuertes interdependencias entre el mercado de hipotecas y el sector bancario puro. Tales cambios afectaron fuertemente la estructura bancaria, haciéndola más compleja tras el objetivo de mejorar su exposición a riesgos.

Surgen entonces supuestas innovaciones financieras (CDOs y CDSs), que complejizaron aún más esta estructura. Esta idea de agrupación, empaquetamiento y reventa de papeles fue realizada al interior de los mismos bancos comerciales a través de la figura de fideicomisos (SPVs, *special purpose vehicles*).

En este contexto, que los economistas llaman la era de la Gran Moderación⁶ -período comprendido entre 1985-2010 aproximadamente- los bancos centrales fueron duramente criticados por su excesiva liquidez. La independencia de los Bancos Centrales y su liquidez han permitido la inyección de capitales y el rescate de bancos comerciales. Los objetivos de los Bancos Centrales pasaron entonces de plantear metas de inflación hacia la estabilización financiera y reactivación de la actividad económica (Han, 2015:46).

Como resultado de los hechos descritos, se produjo una mutación del sector bancario tradicional a partir del cual, los Bancos Centrales desarrollaron las siguientes características: (1) resaltaron su independencia a través de las cartas orgánicas, después de resignar la política monetaria por la estabilidad de precios; (2) desarrollaron un conjunto de instrumentos de política monetaria concebidos para lograr los objetivos estatutarios; y (3) regulación prudencial prevaleciente, aunque varios Bancos Centrales -incluido el de UK- dejara de lado sus responsabilidades relevantes. Sin excepción, el principal objetivo de política monetaria de los Bancos Centrales fue la estabilidad de precios, seguido como importancia relativa, la estabilidad financiera en general.

En este contexto, cobra relevancia la dimensión macroprudencial. Esta expresión está estrechamente relacionada con la gobernanza del sistema financiero estructural y coyuntural, más allá de las instituciones individuales. El concepto de administrar el riesgo sistémico empieza a ser la pieza clave de las políticas macroprudenciales.

En términos de comportamiento, los Bancos Centrales deben flexibilizar su estructura operacional y reducir el riesgo moral, manteniendo la independencia. De esta manera, el riesgo sistémico que dejó al desnudo la GFC, deberá ser mitigado por las nuevas reformas de dichas instituciones rectoras.

⁶ Esta distinción se caracteriza por la necesidad de reducir la volatilidad de los mercados con herramientas monetarias. Ben Bernanke (2004) da cuenta de sus principales características en un discurso anterior a la crisis en cuestión: <http://www.federalreserve.gov/boarddocs/speeches/2004/20040220/>

1.2.1.2. *El caso de la regulación europea*

A partir de lo que señala Til Schuermann (2013) existen tres tipos de relación capital/liquidez: el que se tiene, el necesario para el ciclo de negocio y el que los reguladores piensan que la entidad debe tener. Siendo que los bancos captan fondos -lado izquierdo del balance- y los colocan -lado derecho del balance-, el calce temporal y el volumen de la transformación de activos -depósitos a préstamos- es básicamente el ciclo de negocios habitual.

Al respecto, en *Stress testing banks* (Schuermann, 2013) el autor demuestra que una adecuada regulación macroprudencial, basada en pruebas de estrés en escenarios, tiene al menos dos componentes: por una parte, la apropiada y creíble medición del capital requerido para el ciclo de negocio y su calidad, que permita encontrar necesidades de liquidez. El segundo es una forma creíble de gestionar ese déficit; en momentos de auge ésta carece de aplicabilidad, y en los de crisis es fundamental.

El Comité de Supervisión Europea (CEBS, *The Committee of European Banking Supervisors*) ha realizado estudios sobre 90 bancos en 21 países, arrojando como resultado la existencia de grandes “agujeros” de capital en la mayoría de ellos. En 2011, dicha institución fue reemplaza por la Autoridad Bancaria Europea (EBA, *The European Banking Authority*), quien continúa analizando la gestión integral de riesgos en las organizaciones bancarias de ese continente. En particular, mostró que la quinta parte de los bancos españoles no pasa la prueba de requerimientos de capital.

En 2014, los resultados de las pruebas de estrés europeas siguieron siendo desfavorables pero cualitativamente distintos. Mientras que en un primer momento, las pruebas eran de tipo *top-down* y las determinaba la autoridad competente hacia el resto de las organizaciones (European Banking Authority, 2017), cambió luego hacia el enfoque *bottom-up*. El mismo implica que cada banco evalúa el nivel de solvencia del sistema en su conjunto y su capacidad de reacción ante crisis macroeconómicas. De allí que se considere de abajo hacia arriba, respecto al nivel jerárquico de la regulación.

El método de las pruebas de estrés es quizá el más utilizado en función de la necesidad de medir la resiliencia de los bancos a contingencias o deterioros del sistema en el que viven. En el documento de RiskMetrics (Morgan, 1996) se menciona brevemente esta concepción basada en la sensibilidad de las principales variables -spread, tasas, niveles

de liquidez, etc.- y la creación de escenarios -*Black Monday* en 1987, la quiebra de Lehman, el otoño de 1998, etc.-. Pero fue Philippe Jorion (1997) en su primera edición de 1996, quien da el basamento teórico para la práctica de dichas pruebas a partir de la teoría de Valor a Riesgo (*Value at Risk*, VaR). Este marco metodológico se examina en detalle en el capítulo 2 de la presente tesis doctoral.

A continuación, son presentados en detalle los casos del Banco de Inglaterra y del Banco de España, haciendo énfasis en la resiliencia de ambos ante la última Crisis Financiera Mundial y los hechos estilizados de la evolución de la regulación, a los fines de poder comparar críticamente los casos europeos con la regulación argentina.

1.2.1.3. El caso del Banco de Inglaterra

En el análisis del marco regulatorio de los Bancos Centrales a la luz de la Crisis Financiera Global (GFC), Miao Han (2015), desarrolla el caso del Banco de Inglaterra (BOE, *Bank of England*). En primer lugar, de acuerdo a la óptica de los niveles de relación, enfatiza que como en el caso del Sistema de Reserva Federal de los Estados Unidos (Fed), el BOE estuvo fuertemente orientado hacia el mercado. Este aspecto cambió durante la GFC.

A modo de síntesis histórica, la autora describe cómo el BOE evoluciona desde una sociedad anónima creada en 1694 con fines de abastecer de capital para financiar los costos de la guerra -particularmente la librada con Francia-, hasta convertirse en el Banco Central. En el siglo XIX, un conjunto de leyes fue transformando el alcance de los bancos comerciales privados, al tiempo que en la década de 1850, la ley de sociedades anónimas bancarias (*Joint Stock Banking Companies Act*, 1857) permitía a los bancos privados inscribirse en el BOE. Este hecho, aleja a la entidad de su meta comercial para acercarla a la regulatoria. En particular, esta evolución se sostiene a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, donde se nacionaliza -hecho que ocurre en 1946- y sus activos se transfieren al tesoro (*HM Treasury*), transformándose en una mera institución de gobierno (Han, 2015:91). El rasgo distintivo que subraya la autora, es que las leyes de esa época no fueron claras respecto de la supervisión y la regulación, por lo que muchos bancos se auto-regulaban. Los diversos conflictos que se suscitaron en esa época, fueron producto de un marco regulatorio débil o poco preciso. En 1987, se sanciona la Ley Bancaria, en la cual se pone de manifiesto el rol regulador y supervisor del BOE en el mercado bancario. De esta manera, la Han sintetiza la evolución del BOE

expresando que éste redujo su política monetaria directa, al tiempo que formalizó su esquema de regulación prudencial.

De acuerdo al marco histórico brevemente descripto hasta aquí, Miao Han (2015) menciona los aspectos más relevantes que impactan en la estructura y funciones del BOE desde mediados del siglo XX. En particular, señala la Ley del Banco de Inglaterra (*BOE Act*, 1998) en la que se destaca cuatro aspectos: objetivos, independencia, estructura organizacional y funciones.

Respecto a los objetivos, la ley expresa que el BOE debe mantener la estabilidad de precios, al tiempo que debe garantizar los objetivos de crecimiento y empleo que fije el gobierno como meta de política económica. Han (2015) resalta que tiene metas inflacionarias como objetivo principal.

En lo que refiere a independencia, explica que en la Ley de 1946 si bien el BOE se nacionaliza, el tesoro conserva facultades para direccionar los objetivos de política monetaria relacionados con la tasa de interés. Con la modificación de 1998, se formaliza esa independencia y la entidad abandona la gestión de deuda pública. Para reforzar el aspecto vinculado a la independencia, el gobierno inglés crea el Comité de Política Monetaria (*Monetary Policy Committee*, MPC), dentro del BOE, con el objetivo de diseñar y ejecutar política monetaria para controlar la inflación directamente.

Sin embargo, la autonomía no es absoluta ya que diversas implicancias de mercado relacionadas con el sistema monetario europeo, ocurridas a principios de la década de 1990, hicieron que se fijen metas de inflación numéricas que el BOE tuvo que gestionar y publicar más allá de sus propias intenciones.

La estructura organizacional estaba originalmente formada por la *BOE Court*⁷ cuyos miembros eran el gobernador, dos vice-gobernadores y nueve directores no-ejecutivos. En la actualidad se incrementó el número de vice-gobernadores y directores⁸ y se modificó ligeramente el tiempo de mandato.

Finalmente, en lo que respecta a las funciones, el *BOE Court* orienta sus acciones a los objetivos de la entidad, como es la fijación de las políticas monetarias, la supervisión de

⁷ Web institucional (ingresado en marzo 2017):

<<http://www.bankofengland.co.uk/about/Pages/people/court.aspx>>.

⁸ Web institucional (ingresado en marzo 2017):

<<http://www.bankofengland.co.uk/about/Pages/people/governors.aspx>>;

<<http://www.bankofengland.co.uk/about/Pages/people/executives.aspx>>.

las operaciones de mercado y la estabilidad financiera, entre otras. El MPC, en particular, es el encargado de controlar las tasas de interés. En lo que respecta a la estabilidad sistémica, ésta es materia del *Financial Stability Division* junto con el BOE. En particular, a los fines de manejar las metas de inflación, fue creado el marco monetario de la libra esterlina (*Sterling Monetary Framework*, SMF).

A principios de los años 2000, el BOE incorpora tres elementos al SMF: manejo de liquidez (*reserve-averaging schemes*)⁹, esquema de facilidades interbancarias (*standing facilities*) y operaciones de mercado abierto, en particular, repos con tasas calzadas a plazos. A través del SMF, el BOE controla la oferta monetaria de acuerdo a los objetivos fijados, al tiempo que provee liquidez temporaria al sistema, para evitar situaciones de estrés (Han, 2015:96).

En el 2000, la Ley de Servicios Financieros y Mercados (FSMA 2000) le otorga a la Autoridad de Servicios Financieros (*Financial Services Authority*, FSA) las herramientas legales y poderes de un mega-regulador. En esos años, la FSA tenía como misión asegurar la confidencialidad del mercado, la conciencia pública, protección a consumidores y la reducción de delitos financieros, constituyéndose como un organismo regulador prudencial integral. Desarrolló entonces, un conjunto de aproximaciones regulatorias basadas en gestión de riesgos, con modelos matemáticos como sustento de la gestión para cada tipo de riesgo.

De esta manera la FSMA 2000 estableció un acuerdo tripartito de regulación y supervisión entre el BOE, el FSA y le HM *Treasury*:

(...) the tripartite model indicated how the three parties were involved when dealing with financial crises: the FSA oversaw individual financial institutions and specific market sectors through principles-based prudence and risk-based assessments; the BOE pursued monetary policy, the LOLR, and the broad oversight of the financial system as a whole; and HM Treasury controlled public funds, as well as the overall institutional structure which governed the tripartite model (...) (Han, 2015:99)

⁹ Web institucional (ingresado en marzo 2017): <http://www.bankofengland.co.uk/markets/Documents/money/publications/redbookimplementingmonetarypolicy.pdf>.

La GFC afectó al BOE en cuanto a su esquema de regulación y supervisión. Hacia finales de 2008, los efectos de la crisis llegaron al Reino Unido, produciendo recesión económica. El modelo tripartito fue muy criticado, sobre todo luego de la crisis del banco *Northern Rock*. En particular, Hyun Song Shin (2009) explica como la FSA y el BOE nacionalizaron dicho banco a “escondidas” de los mecanismos que profesaba el modelo. En una primera aproximación, de acuerdo a su orientación de mercado, el BOE utilizó instrumentos de política monetaria para frenar las convulsiones del mercado.

Un primer mecanismo fue la reducción de tasas bancarias, que hacia marzo de 2009 se colocaron en 0,5% y se mantienen inalteradas hasta la actualidad. A partir del segundo cuatrimestre de 2008, cuando la crisis *subprime* ya había explotado, surgieron políticas monetarias convencionales y no convencionales. En particular, a la ya mencionada baja de las tasas, el BOE sumó operaciones extendidas de mercado abierto. Más tarde, en 2009, y con la tasa cuasi-fija en el nivel establecido, se fijaron esquemas de flexibilización cuantitativa (*quantitative easing*) como mecanismos no convencionales. Estas medidas estaban orientadas a reforzar la oferta monetaria, con inyección de liquidez desde el Banco Central, lo cual impactaría en la demanda de saldos reales y su consecuente repercusión en las metas de inflación.

Otro aspecto destacado durante la GFC es que el BOE suspende su manejo de la liquidez mediante el *reserve-averaging schemes* como elemento de la *Sterling Monetary Framework* (SMF), al igual que los sistemas de tasas de interés de corredores y las operaciones de mercado abierto de corto plazo. El esquema de control se vuelve entonces más rígido, dando cuenta, como señala Han (2015), que el impacto de la crisis fue aún más profundo y significativo en términos de la regulación y supervisión.

En marzo de 2013, el Comité de Política Monetaria del BOE fue convocado por el Tesoro, para solicitarle que priorice el crecimiento económico en concordancia con el presupuesto del gobierno. Bajo ese nuevo mandato, alcanzar el simple objetivo de cumplimiento de las metas inflacionarias, se encontraba afectado por la posibilidad de una segunda gestión. El impedimento alcanzaba incluso al empleo público.

Respecto al Tesoro, durante la GFC éste asistió directamente a instituciones individuales, proveyéndoles liquidez. En este sentido, junto al BOE, actuaron en forma conjunta y cooperaron fundando esquemas y mecanismos para facilitar la liquidez y solvencia de las instituciones bancarias, entre ellas el *Asset Purchase Facility*, el *Funding for Lending*

Scheme, etc. En cuanto a la cooperación transfronteriza (*cross-border cooperation*), permitió operaciones de repo en dólares, al tiempo que aplicó las recomendaciones de Basilea III.

En este marco y como consecuencia del estallido de la GFC, el BOE experimentó cambios en su orientación. Como fue especificado, antes de la crisis poseía orientación de mercado, pero como producto de la cooperación con el Tesoro y las políticas gubernamentales, esa relación se modificó:

(...) some ad hoc facilities of the BOE were set up under enhanced cooperation with HM Treasury, whilst most of its holdings were gilts or government debt; this enhanced the power of HM Treasury to affect the financial market as a whole. On the other hand, HM Treasury increased its control over the BOE, especially through the MPC's new remit since 2013. Accordingly, the BOE's two-tier relationship has changed: as the government's banker, it was brought into the wider policies of HM Treasury; as the bankers' bank, it strengthened the implementation of monetary policy through direct market intervention. (Han, 2015:109-110)

El impacto de la GFC impulsó por un lado, cambios en la orientación de las políticas, al tiempo que afectó el modelo tripartito, conduciéndolo hacia una regulación más estricta. Particularmente, para incrementar ese control, se creó el *Supervisory Enhancement Programme* (SEP). Más tarde, bajo la Ley Bancaria de febrero de 2009, el BOE asume el objetivo de mantener la estabilidad financiera con la creación del *Financial Stability Committee* (FSC).

Ese mismo año, la ley le confiere a la FSA¹⁰ la responsabilidad de intervenir y regular la solvencia de los bancos. Entre 2007 y 2009 dicho organismo buscó reforzar la intensidad de la supervisión, mientras que el modelo tripartito se focalizó en el marco de referencia legal y técnico.

Por lo antedicho, resulta relevante mencionar que en el contexto de crisis, el gobierno británico se vio en la necesidad de crear mecanismos institucionales, ya sea reformando

¹⁰ En 2013 queda sin efecto la FSA, y se crean tres organismos diferenciados: *Financial Conduct Authority*, *Prudential Regulation Authority* y *Financial Policy Committee*. Para detalles al respecto ver (acceso marzo 2017): http://www.cii.co.uk/media/4372607/regulatory_landscape_update_april_2013_vfonline.pdf.

los existentes o creando nuevos. Un ejemplo de esto es la *Prudential Regulation Authority* (PRA), que tras la abolición de la FSA –ocurrida en 2013-, queda como ente regulador encargado de monitorear depósitos, asegurados y algunas firmas inversoras y que opera como subsidiaria del BOE. En la misma línea, se crean otras dos instituciones: *Financial Conduct Authority* (FCA) y *Financial Policy Committee* (FPC). La primera, junto con la PRA, fueron estructuradas para afrontar el problema regulatorio desde una nueva perspectiva. Ya no se trataría de la supervisión individual de cada institución, sino que se proponen hacer foco en la temática del trabajo con miradas orientadas a futuro y supervisión basada en juicios (Han, 2015:116). La supervisión transmuta entonces, hacia una visión del sistema como un todo.

Una vez más se pone de manifiesto que la orientación del BOE fue afectada por la GFC, pasando de una cercanía con el mercado, a un trabajo de fuerte supervisión de la política de gobierno y, en particular, junto al *HM Treasury*.

En lo que atañe al FPC, junto al MPC se alinearon con las políticas macroprudenciales y las estrategias macroeconómicas del gobierno. Resulta evidente, en este punto, que el BOE sacrificó parte de su autonomía e independencia en términos de supervisión y regulación, mientras que ganó mayor poder e intervención en lo que respecta a su función como banco de bancos.

1.2.1.4. El caso de la regulación en Argentina

A la luz de la teoría básica acerca de la existencia de bancos como organizaciones importantes dentro del sistema financiero, resulta pertinente discutir la taxonomía de dicho sistema en contextos de bajo nivel de desarrollo. En particular, los países centrales demostraron que la crisis no es ajena a estructuras avanzadas de poder atomizado y alto nivel de profundidad financiera. Las recomendaciones de regulación y gestión de riesgos en bancos fueron escasas, para evitar las grandes pérdidas de valor y el alcance de la crisis, desde su epicentro financieros hacia el efecto en la economía real.

Ahora bien, ¿cómo impactan estas recomendaciones de gestión en países como Argentina? ¿Cómo es su estructura de mercado? Como especifica la literatura sobre instituciones financieras (Bodie, Kane y Marcus, 2011; Copeland *et al.*, 2005; Saunders, Cornett y McGraw, 2006) las organizaciones bancarias son productoras de bienes y

servicios, cuyo insumo es la información y su principal producto, es la transformación de activos -desde depósitos hasta préstamos-. En particular, los bancos no sólo aprovechan la economía de escala en la información y transforman activos, sino que además crean medios de pago. Cuanto más avanzado sea el mercado, más entidades financieras no-bancarias estarán involucradas en él, con mayor volumen de operaciones e importancia relativa.

Argentina presenta un elevado nivel de concentración. Con más de 80 entidades bancarias, el nivel de depósitos y préstamos generales se concentra en cinco de ellos¹¹. La característica más relevante del mercado argentino es la fuerte y dinámica presencia de su Banco Central (BCRA), sobre todo en los últimos años. Su gestión integral de riesgos tiene origen en la aplicación de las recomendaciones de Basilea II¹², como exigencia del Central (Banco Central de la República Argentina, 2011, 2013) a las organizaciones bancarias a partir de la Comunicación “A” 5203, de mayo de 2011. En ella se detallan cinco tipos de riesgo: de Crédito, de Mercado, de Tasa de Interés, de Liquidez y Operacional. Casi dos años más tarde, se publicó una comunicación que modificaba la anterior -Comunicación “A” 5398- en la que se añadieron cuatro nuevas categorías de riesgo, a saber: Riesgo Estratégico, de Concentración, Titulización y Reputacional.

El BCRA es una entidad autárquica del Estado nacional; por su Carta Orgánica está facultado para el dictado de normas en materia monetaria, financiera y cambiaria. Además, actúa como agente financiero y depositario del Estado nacional, concentra y administra las reservas de oro, divisas y otros activos externos, y vigila el buen funcionamiento del mercado bancario y cambiario, la aplicación y el cumplimiento de la Ley de Entidades Financieras y demás normas que regulan el sistema financiero argentino.

Por las facultades que le han sido otorgadas en la regulación del sistema financiero, el BCRA emite y mantiene un cuerpo de comunicaciones que obligan a todas las entidades financieras localizadas en el país, que comprende los bancos públicos -13 bancos-, los bancos domésticos y los privados extranjeros -33 y 19 bancos, respectivamente-. Todas estas comunicaciones y ordenamientos, son publicados en el Boletín Oficial y son de acceso público. Su rol de supervisión lo ejerce a través de la Superintendencia de

¹¹ Según datos de la página web oficial del BCRA, a diciembre de 2016.

¹² Los lineamientos del Comité de Basilea se analizan en detalle en la próxima sección.

Entidades Financieras y Cambiarias (SEFyC), órgano descentralizado dependiente del presidente del BCRA y con administración propia.

Tal como establece en sus textos ordenados a partir de las Comunicaciones A, B y C, el BCRA reglamenta las diversas funciones y obligaciones de las entidades financieras en general y de los bancos en particular.

El proceso integral para la gestión de riesgos deberá ser adecuado, suficientemente comprobado, debidamente documentado y revisado periódicamente en función de los cambios que se produzcan en el perfil de riesgo de la entidad y en el mercado. (...) Este proceso deberá ser proporcional a la dimensión e importancia económica de la entidad financiera de que se trate como así también a la naturaleza y complejidad de sus operaciones. (Banco Central de la República Argentina, 2017:1)

Los resultados de esa revisión deben emplearse en la evaluación de la suficiencia del capital económico, es decir, aquel que requieren las entidades financieras para cubrir, no sólo las pérdidas inesperadas originadas por las exposiciones a los riesgos crediticio, operacional y de mercado, sino también a aquellas que provienen de otros riesgos a los que puede estar expuesta. Se define en ese sentido que las entidades financieras deberán contar con un proceso interno, integrado y global, para evaluar la suficiencia de su capital económico en función de su perfil de riesgo -según indica el "*Internal Capital Adequacy Assesment Process*" (ICAAP)-, y con una estrategia para mantener sus niveles de capital a lo largo del tiempo.

Con la intención de dar respuesta a las preguntas planteadas al inicio, respecto del impacto de las regulaciones internacionales en países emergentes como la Argentina, es necesario estudiar en detalle los aportes del Banco de Pagos Internacionales a través de los acuerdos de Basilea. Se analizan a continuación, sus principales aportes.

1.2.2. Taxonomía de riesgos bancarios según Basilea II

Dentro del marco regulatorio internacional se articulan las recomendaciones del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea¹³. Como antecedente para esta tesis es necesario analizar críticamente los principales acuerdos internacionales de convergencia de medidas y normas del capital (Basilea II, junio de 2006) y el marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios (Basilea III, junio de 2011)(Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006, 2010a, 2010b).

El acuerdo de Basilea II es un marco para estimar la suficiencia de capital y los estándares mínimos a alcanzar en aquellos bancos con actividad comercial de los países miembros del mencionado Comité. Si bien se trata de requerimientos de estructura mínima, el acuerdo estima que la adopción de los estándares llevará a un crecimiento sistemático de los niveles de capital de los bancos, asegurando la sanidad financiera y la sustentabilidad del sistema (Goodhart, 1998).

En su informe de mediados de 2006, se establecieron las pautas del ámbito de aplicación, en las cuales se delimitan las filiales financieras de acuerdo a la clasificación de bancarias, de valores y otras entidades financieras, como también la consideración de entidades aseguradoras. El objetivo de realizar una descripción de mercado se enfoca en la forma en que se instrumentan los requerimientos de capital en un grupo bancario, que dio lugar al establecimiento de tres pilares fundamentales en los que se concentran las recomendaciones del Comité: requerimientos mínimos de capital -incluyendo riesgo de crédito, operacional y de mercado-, proceso de examen supervisor -principios básicos y cuestiones específicas del proceso de examen considerando la tipología de riesgos- y disciplina de mercado -consideraciones generales y requisitos de divulgación-.

En lo que respecta al primer pilar -requerimientos mínimos de capital- se mantiene la tradición del capital mínimo por entidad bancaria en 8%. Esto implica que se debe estimar correctamente el coeficiente de capitales mínimos requeridos en la entidad. Para lograrlo, es necesario contar con una definición de capital regulador y los diversos activos

¹³“(…) creado en 1975 por los Gobernadores de los bancos centrales del Grupo de los Diez, está compuesto por altos representantes de autoridades de supervisión bancaria y de bancos centrales de Alemania, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Luxemburgo, Suecia, Suiza, los Países Bajos y el Reino Unido. Sus reuniones suelen celebrarse en la sede del Banco de Pagos Internacionales en Basilea (Suiza), donde está ubicada su Secretaría.” (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:1). Actualmente también forman parte los representantes de Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil, China, Corea, Hong Kong RAE, India, Indonesia, México, Rusia, Singapur, Sudáfrica y Turquía.

ponderados por su nivel de riesgo (Bessis, 2011). El concepto de capital regulador se mantiene de los acuerdos previos y posee una caracterización de acuerdo a la naturaleza del mismo. Se distinguen dos niveles de capital regulador: básico (nivel 1) y complementario (nivel 2). El primero hace alusión al capital social en acciones ordinarias y las preferentes de naturaleza perpetua no acumulativa que fueron emitidas y abonadas en su totalidad. Asimismo, se contemplan las reservas declaradas, que junto con la cartera de acciones son elementos comunes a todos los sistemas bancarios mundiales. Se busca de este modo, crear una lógica de homogeneización de criterios a los fines de ajustar de manera genérica la exigencia del mínimo de coeficiente de capitales.

El hecho de considerar la naturaleza de dichos capitales y simplificar criterios, otorga al acuerdo internacional transparencia a la hora de cuantificar la calidad de los capitales bancarios y la suficiencia de los mismos. Respecto del capital complementario, existe una restricción que implica que el mismo no puede superar en cuantía al nivel básico. Es decir, la cantidad de reservas no declaradas, de revalorización, las provisiones, etc. que conforman el capital nivel 2, no pueden ser mayores que la cantidad de capital accionario y las reservas declaradas.

Una vez más, la idea de sanidad financiera adquiere la importancia relativa que se viene describiendo. El hecho de cuantificar y calificar el capital del sistema bancario permite construir una parte del coeficiente de capitales mínimos (Ohlson, 1980). Sin embargo, es necesario delimitar el concepto de activos ponderados por el nivel de riesgo y para ello, se debe trabajar sobre los tres tipos que propone el primer pilar de Basilea II.

A partir de estas modificaciones, se logra un avance significativo en lo que respecta a la gestión integral del riesgo, sobre todo en la medición del riesgo de crédito. Éste se aborda desde la visión tradicional -método estándar-, pero incorpora la medición basada en calificaciones internas (IRB, *internal rating based*) y un marco de titulización. Respecto del método tradicional, se utilizan calificadoras externas, siendo que los bancos podrán utilizar las evaluaciones realizadas por ECAI (*External Credit Assessment Institutions*). Esta metodología permite al supervisor internalizar el criterio de valuación y cobertura del riesgo de crédito, sin realizar el trabajo de estimar la distribución de los retornos específicos de la cartera del banco individual. Para realizar la estimación, se efectúa una

descripción de los distintos tipos de créditos¹⁴ que se pueden generar en los bancos comerciales con alcance internacional, de manera de calificar el riesgo asociado a cada tipo. La calificación que se adopta persigue los estándares de la institución *Standard & Poor's* -que varían desde AAA hasta B y no calificados- y son importantes para otorgar ponderaciones por riesgo asociadas a los distintos tipos de créditos (Gourieroux y Jasiak, 2011). Por su parte, la metodología IRB se basa en estimaciones internas de los componentes de riesgo, ateniéndose a la aprobación del supervisor. Existen requerimientos mínimos de la metodología propuesta, como así también obligaciones de divulgación¹⁵. La metodología IRB posee dos alternativas: básico y avanzado y tiene en cuenta los siguientes componentes: probabilidad de incumplimiento (PD), pérdida en caso de incumplimiento (LGD), exposición al incumplimiento (EAD) y vencimiento efectivo (M). A partir de ella, los bancos clasifican de acuerdo a las características del riesgo de crédito ya las posiciones de su cartera de inversión, en seis categorías generales de activos: empresas, soberanos, interbancarios, cartera de consumo, acciones y minoristas autorrenovables admisibles.

La diferencia entre ambos enfoques radica en el agente que proporciona los indicadores cuantitativos. Mientras que en el método básico la PD la proporciona la entidad y el resto de los componentes lo estima el supervisor, en la versión IRB avanzada, todos los componentes los estima la entidad bancaria. El método se debe aplicar para todo el grupo bancario y en líneas generales, se deben garantizar ciertos mecanismos de gestión y control integral de las operaciones involucradas. Para ello se realizan controles periódicos -normalmente anuales- para cada cliente, de manera de monitorear la capacidad y voluntad de pago, independientemente de las fluctuaciones que sufra el ciclo económico. Adicionalmente, se deben gestionar las calificaciones, de manera de garantizar la transparencia e independencia de los departamentos encargados de monitorear la actividad crediticia. Finalmente, se requiere tener cierta sensibilidad en la adaptación de las reglas a la historia bancaria de cada cliente, para actualizar el *scoring* crediticio y ajustar los períodos de supervisión, de acuerdo a la morosidad en los pagos y el riesgo

¹⁴ En el informe se incluye la descripción de créditos individuales, entre ellos los soberanos, a empresas del sector público no pertenecientes a la Administración central, a bancos multilaterales de desarrollo, interbancarios, a sociedades de valores, a empresas, incluidos en la cartera minorista reguladora, garantizados con bienes raíces residenciales y comerciales, entre otros.

¹⁵ El problema de la divulgación se trata en mayor detalle cuando se expone el tercer pilar de Basilea II y es fundamental para entender la forma en que se articulan los acuerdos de Basilea II y III en el presente trabajo.

asociado a las distintas formas de inestabilidad institucional de los clientes que componen la cartera del banco. En *Credit risk modeling using Excel and VBA* (Löffler y Posch, 2007) se presenta una visión muy acabada respecto a esta discusión.

Para dar cierre al análisis del riesgo de crédito, el informe de Basilea II especifica el marco de titulización. En general, se intenta determinar los requerimientos de capital regulador de cada entidad bancaria, de acuerdo a las posiciones de titulización tradicional o sintética. Se entiende por titulización tradicional a la estructura en la que intervienen los flujos de efectivos que provienen de posiciones subyacentes y financian los servicios de al menos dos posiciones de riesgos clasificados. De esta manera, los pagos a los inversionistas dependen del rendimiento de dichas posiciones subyacentes, transfiriéndose la obligación desde la entidad a los activos mencionados. Por su parte, la titulización sintética opera de manera similar, pero la transferencia de riesgos se lleva a cabo mediante derivados de crédito -como pagarés con vínculos crediticios o CDS (*credit default swaps*)- de manera de cubrir el riesgo de crédito de la cartera. En ambos casos, el riesgo que asume el inversor está vinculado con el rendimiento del subyacente de posiciones. De esta manera, se articulan diversos mecanismos que controlan la inclusión de derivados y opciones en la gestión del riesgo de crédito. Es importante remarcar que en muchos casos, el criterio de adaptación de estas estrategias tiene su fundamento más estrechamente vinculado con cuestiones económicas que con la forma jurídica que adopten.

Respecto del riesgo operacional, es necesario conceptualizarlo correctamente para entender el tratamiento que le asigna el marco de Basilea II. Se entiende por riesgo operacional -de acuerdo al *Bank of International Settlements*, BIS-, a la contingencia de incurrir en pérdidas relacionadas con fallas en sistemas internos o errores de gestión del personal. De esta manera, desde una visión económica, se trata de un riesgo de naturaleza endógena, debido a que su mitigación se lleva a cabo con la mejora en los procesos, la selección adecuada del personal y el poder que tenga el órgano administrador para hacer cumplir los estándares de calidad institucional del banco. Se distinguen tres metodologías para abordar este tipo de riesgo: método básico, estándar y de medición avanzada (AMA). La adopción de una de ellas está sujeta a la aprobación del supervisor. En todos los casos, la elección guarda estrecha relación con el grado de sofisticación que tienen las operaciones que lleva a cabo ese banco y por lo tanto, no está permitido adoptar el método básico si se requiere y fue aprobado otro más avanzado. El método básico implica cubrir

el riesgo operacional con un determinado capital. El monto del mismo es el resultado de tomar los últimos tres años de ingresos brutos anuales positivos¹⁶ y realizar un promedio. Este método constituye solo un punto de partida, la correcta gestión del riesgo debe llevarse a cabo mediante mecanismos que dicte el supervisor, o bien con los alternativos mencionados.

Por su parte, el método estándar requiere que el banco identifique al menos ocho líneas de negocio¹⁷. La metodología es similar a la del indicador básico, pero sustentada en esa división entre las líneas. Es decir, se calcula el ingreso bruto por línea y con ello se aproxima el volumen de negocios del banco; luego se pondera los indicadores por un coeficiente *-beta-* que permite identificar el requerimiento de capital específico de cada línea. De esta manera, *beta* debe contener el historial de ingresos y pérdidas del sector, por lo que la estimación de dicho parámetro es muy importante para lograr el éxito del proceso de gestión de riesgo operacional. Finalmente, en el método de medición avanzada (AMA) se lleva a cabo el cálculo de capitales requeridos mediante la aproximación de la medida de riesgo que fuera generada de manera interna, es decir, en el sistema del banco. Para hacerlo se utilizan criterios cualitativos y cuantitativos como las medidas de riesgo. Un aspecto fundamental del AMA es que se lleva a cabo un proceso de estimación y gestión de riesgo de manera compleja, cotejando los métodos antes mencionados, pero avanzando hacia una gestión del riesgo operacional integrada en los procesos habituales del banco. Los criterios cualitativos reflejan la idea de armonía en la estructura organizacional del banco, en la que intervienen auditores que realizan controles y exámenes periódicos de la gestión y mitigación del riesgo operacional. Respecto a los criterios cuantitativos, se debe analizar el método estadístico que utilice el banco para estimar el riesgo. No se exige ningún específico, pero se entiende que la distribución de probabilidad debe dar cuenta de los posibles eventos extremos *-colas pesadas de la distribución-* que son generadores de pérdidas. De esta manera, el banco debe desarrollar una metodología robusta a la estimación de colas pesadas, para prevenir pérdidas graves con un nivel de confianza muy alto. Esto garantiza la solidez del criterio AMA en términos cuantitativos.

¹⁶ Se define como ingresos brutos de provisiones, gastos de explotación, beneficios/pérdidas realizados por la venta de valores de la cartera de inversión, partidas extraordinarias y actividades de seguros (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:160)

¹⁷ Las incluidas en el acuerdo son: finanzas corporativas, negociación y ventas, banca minorista, banca comercial, pagos y liquidación, servicios de agencia, administración de activos e intermediación financiera (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:161).

Finalmente, el primer pilar describe el marco relacionado con la gestión del riesgo de mercado, entendido como la posibilidad de sufrir pérdidas relacionadas con las fluctuaciones en los precios del mismo, que impactan en las posiciones dentro y fuera del balance de un banco. Los precios de mercado son muy importantes en la cartera de acciones, instrumentos relacionados con la tasa de interés y las tenencias de divisas, dadas las variaciones en los tipos de cambio. A diferencia del riesgo operacional, éste tiene una naturaleza exógena vinculada a las fluctuaciones de oferta y demanda que forman los niveles de precios generales en la economía. El banco individual no puede controlar internamente dichas fluctuaciones, por lo que la gestión integral del riesgo se debe llevar a cabo con mecanismos de prudencia y discrecionalidad (Ahmad, 2008; Jorion, 1997). Es fundamental entonces, el desarrollo de criterios de diversificación de la cartera de posiciones del banco, como así también de cobertura del riesgo. La valoración de los riesgos mediante criterios de prudencia se puede llevar a cabo mediante la estimación al menos diaria, de los precios de mercado que afecten la compra/venta de activos de la cartera. También se puede adoptar este modelo cuando no sea posible valorar los precios con datos del mercado, empleando metodologías que incluyan estimaciones mediante datos de referencia o extrapolaciones. Esta forma de valoración debe incluir un mayor nivel de conservadurismo, debido a que el sesgo de estimación puede ser mayor y la gestión del riesgo verse afectada por la metodología que se adopte.

Independientemente de las valuaciones mencionadas, se puede estimar el riesgo de mercado mediante dos métodos: método estándar o de modelos internos. En el primero se describen cinco tipos de riesgos, entre los que prevalece la gestión del riesgo por fluctuaciones en las tasas de interés implícitas de los instrumentos y posiciones de la cartera de un banco. Para el caso de riesgo de tasa de interés específicamente, se contempla el uso de derivados financieros tales como contratos de futuros, FRA's (*forward rate agreement*), *swaps* y opciones (Hull, 2009) mediante los cuales se busca generar una cobertura apropiada de las variaciones de las tasas que impactan negativamente en la cartera de un banco y que afectan a los requerimientos de capital. Mediante estos instrumentos se describen los riesgos y estrategias de cobertura relacionadas con riesgos de posiciones en acciones (Hull y White, 1990). También se señalan las estrategias de medición y gestión de riesgo de divisas y de productos básicos y en muchos casos se requiere del uso de los derivados financieros para cubrirse del riesgo de mercado y calcular los requerimientos de capitales de manera exitosa. Reconociendo

el uso de dichos derivados, se incluye un tratamiento particular de las opciones en la que se describe las estrategias para el cálculo de requerimientos de capital, mediante un método simplificado¹⁸. Finalmente, el método de modelos internos se basa en estándares cualitativos y cuantitativos desarrollados por el banco.

Como sucede en estos casos, todo tratamiento interno requiere de la aprobación de la autoridad supervisora, siendo que debe cumplir con requisitos que garanticen la transparencia del procedimiento, así como la solidez y aplicabilidad de la metodología. Una prueba fundamental para las valuaciones de los bancos relacionadas con las posiciones de capital y requerimientos del mismo, es la prueba de tensión (o *stress testing*). Dichas pruebas deben ser cualitativas, cuantitativas y deben incorporar escenarios que contemplen pérdidas o ganancias extraordinarias que afecten la cartera de negociación del banco (Drehmann, 2009; Schuermann, 2013). De esta manera, es posible contemplar alteraciones en las principales variables que afectan a la cartera -aunque sea con baja probabilidad- o que dificultan el control del riesgo, incluyendo riesgos de mercado, operacionales y de crédito. Un uso eficiente de dichas pruebas debe combinar escenarios desarrollados por supervisores, con escenarios propios del banco, para reflejar las necesidades particulares de la cartera.

El segundo pilar de Basilea II es el denominado proceso de examen supervisor e incorpora mejoras en las técnicas de gestión del riesgo. El objetivo es que los supervisores adopten una actitud activa frente a las decisiones de inversión, acordes a las necesidades del capital. Para ello se debe garantizar la eficiencia en la cuantificación de tales necesidades, dado que es tan importante la gestión del requerimiento de capital como el desarrollo de técnicas de gestión y control de los mencionados riesgos. El supervisor podrá intervenir siempre que considere que el volumen de capital se encuentra por debajo del requerido, sobre todo en relación con el criterio IRB de gestión de riesgo de crédito y el método AMA para el riesgo operacional.

El Comité identifica cuatro principios básicos del proceso de supervisión: evaluación de la suficiencia de capital total, examen periódico del proceso, expectativas del nivel de capital y capacidad de intervención de los supervisores. En lo que respecta al primero, se debe evaluar la suficiencia de capital total de acuerdo a los distintos perfiles de riesgo y

¹⁸ Se trabaja con posiciones largas y cortas para opciones de compra y venta (*call* y *put*) largas. El arbitraje entre efectivo y opciones está dado por el valor de mercado de la opción y el valor del título subyacente (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:207).

con una estrategia de mantenimiento del nivel de capital. El proceso debe contar con la vigilancia por parte del consejo de administración y la alta gerencia del banco, así como del control interno que permita una evaluación integral, que garantice el éxito del proceso. Esta evaluación integral del riesgo deberá tener en cuenta todos los riesgos importantes a los que se enfrenta el banco y que se fueron describiendo en el primer pilar. En lo que respecta al riesgo de crédito (hace referencia al método interno IRB) el informe dice:

Las calificaciones de riesgo internas son una herramienta importante para el seguimiento del riesgo de crédito. Estas calificaciones deberán estar diseñadas para facilitar la identificación y medición del riesgo derivado de todas las posiciones crediticias y deberán integrarse dentro del análisis general que realiza la entidad del riesgo de crédito y de la suficiencia de capital. El sistema de calificaciones deberá ofrecer calificaciones detalladas de todos los activos, y no sólo de los activos dudosos o problemáticos. Las reservas dotadas para préstamos dudosos deberán incluirse en la evaluación del riesgo de crédito a efectos de suficiencia de capital. (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:227).

De esta manera se deja en claro la importancia del diseño y vigilancia de la gestión del riesgo en la cartera y en la determinación de capitales mínimos. Por su parte, en lo que respecta al riesgo operacional, éste requiere un cuidado similar a los anteriores, evitando realizar una apreciación errónea de su impacto en el balance del banco. En cuanto al riesgo de mercado, el banco con supervisión debe contar con metodologías que gestionen y controlen cualquiera de aquellos que pudieran presentarse, más allá de su origen y cuidando su impacto sobre cualquier parte o la totalidad de la entidad. Es muy importante desarrollar la metodología de pruebas de tensión descrita anteriormente (Jorion, 1997), como también la metodología de modelos VaR (*value at risk*), como se afirma en el último capítulo de Basilea II:

El VaR es una importante herramienta para vigilar la exposición agregada al riesgo de mercado, al tiempo que ofrece una medida común para comparar el riesgo en el que incurren las diferentes mesas y líneas de negocio. El modelo VaR de un banco debe identificar y medir adecuadamente los riesgos procedentes de todas las actividades de negociación y debe estar integrado en la evaluación general interna de capital además de estar sujeto a una rigurosa

validación continua. Las estimaciones con modelos VaR han de ser sensibles a los cambios en el perfil de riesgo de la cartera de negociación. (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:228).

El segundo principio referido al proceso de supervisión, garantiza la periodicidad de la revisión de las pautas expresadas en el primer principio, de manera de controlar la calidad y continuidad de la gestión a través de exámenes. Éstos pueden hacerse dentro o fuera de la entidad, o mediante reuniones con directivos del banco y/o revisando informes de auditores externos. Tras evaluar la gestión del riesgo, suficiencia del capital, entorno de control, sistemas de divulgación y otros criterios mínimos de comportamiento del banco, el supervisor debe tomar medidas de intervención si no hubiera quedado conforme con los resultados de dichas evaluaciones.

Los siguientes principios, atañen a diversas posibilidades de actuación relacionadas con el rol activo del supervisor. El tercero hace hincapié en la necesidad de proyectar mediante expectativas, las necesidades de los bancos de trabajar por encima del coeficiente de capitales mínimos requeridos, meramente por estar por encima del valor establecido. El supervisor será el encargado de detectar anomalías en la cuantificación del requerimiento de capital. A través del último principio, se faculta al supervisor para intervenir rápidamente cuando se incurra en la irregularidad de descender por debajo de los niveles mínimos de capital, establecidos de acuerdo a la estructura de riesgos que tenga el banco. No siempre las dificultades de gestión bancaria están relacionadas con insuficiencia de capital o, en otros términos, el aumento del nivel de capital requerido no soluciona todos los problemas. Muchas veces es necesario adoptar nuevas y mejores técnicas de gestión integral del riesgo, que llevan un proceso lógico de maduración, requieren tiempo y justifican la intervención activa del agente que cumple el rol de supervisor.

El tercer pilar que integra las recomendaciones del Comité, desarrolla un conjunto de requisitos de divulgación de información de modo de complementar el proceso de supervisión. Esto permite a los agentes que intervienen en el mercado, realizar una evaluación más eficiente del perfil de riesgo de un banco y su nivel de capitalización. Si bien no resulta obligatoria la divulgación en forma individual y en todos los casos, la finalidad es ampliar la información de los estados contables y financieros que exigen las autoridades contables de cada país (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:248). La relevancia de dicha información es tal, que la omisión o divulgación de información errónea puede ocasionar modificaciones en las decisiones financieras de los

usuarios. Dicha situación altera la composición de las carteras de los bancos porque atenta contra la transparencia y sanidad del mercado financiero, por lo tanto es necesario supervisar esa información, aun cuando Basilea II no contemple la auditoría externa de la misma. Algunas divulgaciones se requieren para la implementación de ciertas metodologías, tal como se describió en los párrafos anteriores. De esta manera, el tercer pilar completa los lineamientos contenidos en los anteriores dos pilares.

Los distintos tipos de información -general, cualitativa sobre políticas de gestión de riesgos, indicadores cuantitativos de suficiencia de capital, exposiciones al riesgo- deberán tener una frecuencia de divulgación adecuada. El criterio para establecer esa frecuencia se encuentra en el equilibrio entre la exigencia de divulgación y la protección de información confidencial, relacionada esta última con las estrategias comerciales y financieras de cada banco individual.

La información en propiedad incluye toda aquella información (por ejemplo, sobre productos o sistemas) que, compartida con competidores, reduciría el valor de la inversión del banco en dichos productos y sistemas, socavando así su posición competitiva. La información sobre clientes a menudo es confidencial, ya que se facilita mediante un acuerdo jurídico o una relación con la contraparte. (...) El Comité entiende que los requisitos (...) consiguen un equilibrio adecuado entre la necesidad de divulgar información significativa y la protección de la información en propiedad y confidencial. En casos excepcionales, la divulgación de ciertas informaciones exigidas por el Tercer Pilar podría menoscabar seriamente la posición del banco al hacer pública información que sea confidencial o en propiedad. En tales casos, el banco no estará obligado a hacer públicos estos datos concretos, si bien deberá divulgar información más general sobre el aspecto a que se refiera el requisito de divulgación, señalando al mismo tiempo la no divulgación de algunas informaciones y los motivos para ello. Esta excepción limitada no pretende entrar en conflicto con los requisitos de divulgación exigidos por las normas contables. (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006:250-251)

Por todo lo expuesto, el objetivo de Basilea II es avanzar en la solidez y estabilidad del sistema bancario internacional, procurando no generar desigualdades competitivas entre

los bancos ocasionada por las exigencias de capitales mínimos. Asimismo, se propone alcanzar requerimientos de capital más sensibles al riesgo, teniendo en cuenta el esquema contable de cada país miembro y las peculiaridades de los sistemas de supervisión que se adopten en cada caso. No se propone una adecuación universal de las entidades a las recomendaciones del acuerdo, sino proveer de distintas herramientas de gestión de riesgos que permitan alcanzar el mismo objetivo a nivel individual y del mercado bancario en su conjunto.

1.2.3. Los aportes de Basilea III

Las reflexiones en torno a la actual crisis del sistema financiero, obligaron a los teóricos de la regulación bancaria a perfeccionar los lineamientos incluidos en el acuerdo de Basilea II. Desde el año 2010 se confecciona y revisa un “Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios” conocido como acuerdo de Basilea III. Asimismo, se redactó un Marco internacional para la medición, normalización y seguimiento del riesgo de liquidez, que junto al antes mencionado, contienen el conjunto de reformas propuestas por el Comité de Basilea para reforzar las normas internacionales en pos de lograr un sistema bancario más resistente.

En la introducción del primer marco mencionado, se especificaban las motivaciones del acuerdo, mencionando dos aspectos fundamentales: las reformas se basan en conclusiones extraídas de la crisis financiera que estalla en 2007, y que un sistema bancario fuerte es la base de crecimiento económico sostenible. Según el Comité, el estallido de la crisis respondió en gran medida, a la caída del nivel y calidad de capital. Este hecho conduce a bajos niveles de liquidez, reforzando el problema. Con un sistema bancario endeble a las fluctuaciones de mercado, que no puede absorber las pérdidas sistémicas de las carteras de negociación, se producen cambios en las posiciones de los bancos, agravando la crisis (Caruana, 2010). En un momento de este proceso, el banco sufre los efectos del riesgo de reputación, ya que los agentes dejan de confiar en su solvencia y liquidez como intermediarios financieros. Por otro lado, el conjunto de reformas apunta al fortalecimiento del sistema bancario ya que el mismo está conformado por entidades que funcionan como intermediarios entre ahorradores e inversores. La intermediación implica un impacto general en la economía real, debido a la importancia

del crédito¹⁹ para impulsar ciertas actividades productivas (Barrell *et al.*, 2010b). El fortalecimiento del sistema para reducir el riesgo sistémico se lleva a cabo mediante la regulación de la entidad individual -microprudencial- a fin de moderar la vulnerabilidad de las mismas ante situaciones de *stress* financiero (Barrell *et al.*, 2010a). La adopción de la orientación macroprudencial responde a la búsqueda de gestionar el efecto derrame o de amplificación procíclica.

El marco regulador global contiene los lineamientos para mejorar los requisitos mínimos y colchones de capital. La idea fundamental es que los orígenes de la crisis actual guardan relación con el capital insuficiente, de mala calidad y poco transparente en los momentos de tensión. Estas circunstancias atentaron contra la identificación y cobertura de riesgos.

Un factor que destaca el informe es la importancia desestabilizadora que tuvieron los derivados y titulizaciones complejas. Un avance en esa línea es requerir mayor nivel de capitales en carteras de negociación, con presencia relevante de dichos instrumentos financieros. Asimismo, se avanza en la idea de bajar el coeficiente de apalancamiento como complemento de los requerimientos de capital. Su exceso es característico de las crisis sistémicas y su reducción apunta principalmente a mitigar el riesgo de desestabilización por desapalancamiento.

Otro punto importante del acuerdo Basilea III es la gestión de los procesos procíclicos, que amplifican los efectos de la crisis. A tales fines se promociona la idea de colchones anticíclicos. Reducir el componente cíclico del capital implica diseñar provisiones de mejor calidad, al tiempo que refuerza la necesidad de mantener los niveles de capitales mínimos por encima de lo requerido. El objetivo macroprudencial es evitar la desestabilización del sistema bancario en los períodos de excesivo crecimiento del crédito.

Respecto al marco de medición, normalización y seguimiento del riesgo de liquidez, trata los temas referidos al mejoramiento de las capacidades de los bancos para hacerle frente a situaciones de tensión, reduciendo así el riesgo de transferencia desde el sector financiero a la economía real. Para delimitar ese objetivo, se estructuran básicamente dos capítulos centrales: normas reguladoras e instrumentos de seguimiento. En el primero, se

¹⁹ En trabajos recientes se discute la importancia del crédito en el marco de sistemas macroprudenciales, esencialmente en las cuestiones relacionadas con la relación del riesgo de crédito en la crisis internacional y las bases de la reforma de Basilea III.

introduce el concepto de coeficiente de cobertura de liquidez (LCR, *liquidity coverage ratio*), que es el que surge entre fondos de activos líquidos de calidad alta y salidas de efectivo netas totales, durante un período de 30 días. El LCR sirve esencialmente como indicador de la exposición de los bancos a los eventos relacionados con contingencias de liquidez. Respecto a los instrumentos de seguimiento, se describen los parámetros para la supervisión de las normas de regulación establecidas. La importancia de dichos instrumentos radica en que éstos y las normas, constituyen la información básica de la que dispone el supervisor para evaluar el riesgo de liquidez de la entidad bancaria. Dentro de los instrumentos disponibles se tratan en particular los desajustes de vencimientos contractuales, la concentración de la financiación, los activos disponibles libres de cargas, los LCR por moneda significativa e instrumentos de seguimiento basados en datos de mercado.

Resulta necesario discernir, a la luz del marco teórico desarrollado hasta aquí, entre el cambio de enfoque prudencial de Basilea II a III y las conclusiones acerca de los resultados de las pruebas de estrés europeas. Al parecer, el desarrollo teórico de las recomendaciones de los acuerdos de Basilea va desde un enfoque micro a un enfoque macro-sistémico, mientras que las pruebas de estrés lo hacen en sentido inverso: desde una visión macro (*top-down*) hacia una micro fundamentada desde la organización individual hacia el sistema.

Con el marco teórico analizado en esta sección y las cuestiones generales de la Teoría de la decisión abordadas en el primer apartado, es posible pensar en modelos de toma de decisión ajustados a las organizaciones bancarias. En la siguiente sección, se examinan algunos aspectos de interés para esta investigación que permiten ver la interacción entre expertos profesionales *-practitioners-* y los aspectos regulatorios como reglas a cumplir. De esta manera, se avanzará hacia un esquema de gobernanza, que en la medida que involucre aspectos anticipatorios, reflexivos y deliberativos se pueda caracterizar como responsable.

1.3. La toma de decisiones en el contexto financiero

Como primera aproximación al procedimiento para incorporar el juicio de expertos en modelos de gestión de riesgos, es necesario señalar algunas características deseables. Los

modelos de lógica borrosa requieren que, al incorporar el contenido cualitativo de la decodificación lingüística del experto, se lo indague acerca de las categorías que utiliza. Por ejemplo, si considera que la posibilidad de que ocurra un evento es baja, media o alta, resulta necesario profundizar acerca de qué se considera pertinente para cada categoría. Si la opinión del experto se fundamenta en datos históricos acerca del fenómeno que se quiere estudiar, entonces existen mecanismos para calibrar la función de pertenencia (Shang y Hossen, 2013).

Un trabajo interesante acerca del marco teórico del uso de opinión de expertos para el análisis probabilístico del riesgo, es el de Ouchi (2004). El concepto PRA (*Probabilistic Risk Analysis*), es “(...) events represented by low probabilities of occurring with a high level of consequence.” (Ouchi, 2004:2). Existe consenso en que, debido a su complejidad, el uso de técnicas lingüísticas no posee una metodología formalmente unificada. De cualquier manera, es posible clasificar en dos categorías los modelos de procesamiento de datos cualitativos de expertos: enfoque matemático y enfoque comportamental. En el primero de ellos, se agrupan las técnicas que tienen que ver con el empleo de herramientas estadísticas, en particular de inferencia bayesiana, como se discute más adelante. Los siguientes apartados, contraponen el enfoque axiomático y el bayesiano desde la óptica estadística, con foco en la importancia de cada uno de ellos en la incorporación de opinión de expertos y su agregación, en modelos de gestión.

Respecto del enfoque comportamental, las técnicas más usuales se conocen con el nombre de Delphi y fueron desarrolladas en la década de 1950 (Casualty Actuarial Society, 2003:146). Se desarrollará esta idea más adelante, combinando la teoría de números Z (Lazzari y Mouliá, 2015; Zadeh, 2011) con las técnicas de toma de decisión a partir de la interacción de varios expertos (Gupta y Clarke, 1996; Loo, 2002; Okoli y Pawlowski, 2004).

En los modelos de gestión de riesgos financieros, prevalecen los sesgos propios de la taxonomía y clasificación de cada tipo de ellos (Crouhy, Galai y Mark, 2006; Morgan, 1996; Saunders, Cornett y McGraw, 2006). Asimismo, existen muchos trabajos que incorporan técnicas de *fuzzy logic* y opiniones de expertos para riesgos sistémicos y operacionales (Casualty Actuarial Society, 2003; Lambrigger, Shevchenko y Wuthrich, 2007; Shang y Hossen, 2013). En esta tesis se profundizará en el riesgo de crédito de una cartera de activos financieros y, particularmente, de riesgo de mercado. Técnicamente, se conoce como riesgo de mercado a la pérdida de valor de una cartera, producto de

movimientos desfavorables en precios de mercado o volatilidad pronunciada. Jorion (2011) puntualiza que este tipo de riesgos incluye al de liquidez, que implica la necesidad de liquidar activos para hacer frente a obligaciones o necesidades de financiamiento de corto plazo.

El hecho de considerar que ciertos mecanismos de mercado, como la volatilidad de precios o tasas, impactan en la posición tomada por un inversor, implica un desafío para la medición del riesgo de mercado. En particular, es posible tomar como estrategia de medición de impactos en variaciones de precios o volatilidad de los tipos de interés afectados a las inversiones, una visión ad-hoc que considere el impacto puntual de cambios marginales. Ahora bien, esta visión acotada a la estructura de la inversión, no da cuenta de la potencial pérdida del conjunto de las inversiones. Es decir, el analista puede hacer un cálculo rápido de cuánto pierde en una posición comprada en bonos, si se altera el precio en mercados secundarios, o si el cupón está atado a una tasa variable, y estimar los cambios en la misma. Este ejemplo esquematiza el típico instrumento ad-hoc para valorar pérdidas, considerando uni-factorialmente efectos de variaciones en alguna variable relevante de la posición. Más aún, podría incluso realizar un cálculo más sofisticado, empleando la *duration* modificada de la cartera y de esta manera sensibilizar el análisis. Ahora bien, hay muchos detalles que este esquema simplificado pasa por alto. Entre ellos, y quizá el más importante resaltado por Jorion (2011), es el hecho de que al no considerar las distintas aristas del riesgo de mercado se plantean varias preguntas tales como si los riesgos parciales pueden ser sumados; si existe algún grado de correlación; si covarían; etc. Algunas de ellas pueden ser abordadas desde una óptica más general, analizando pérdidas potenciales con un cierto nivel de confianza mediante la teoría de VaR (*value at risk*).

1.3.1. Enfoques matemáticos: No-Bayesiano

La literatura indica que los modelos matemáticos captan más eficientemente la valoración de expertos que los enfoques comportamentales, sobre todo cuando son utilizadas técnicas de agregación de opiniones de varios de ellos. La discusión versa sobre el proceso de combinación de distribuciones de probabilidad (Ouchi, 2004:4). Este autor propone como referente de los principios generales el libro de Bedford y Cooke (2001).

Para generar el espacio probabilístico asociado a la opinión de un conjunto de expertos, es necesario definir notaciones. Para n expertos, sea P un conjunto de medidas de probabilidad sobre un espacio probabilístico fijo pero indefinido: $(P_1, P_2, \dots, P_n \in P)$. Entonces, la regla de combinación es una función $G: P^n \rightarrow P$ que depende únicamente del conjunto $P_i, \forall i = 1, \dots, n$. De esta manera, es necesario definir, mediante un conjunto de axiomas, la forma que adopte G .

Siendo $G(P_1, \dots, P_n) = p$, es posible asumir que el espacio probabilístico contiene un número finito de eventos a_1, a_2, \dots, a_m entonces p_{ij} es la probabilidad de ocurrencia del evento a_j que asigne el experto i . Siguiendo a Lin (2006), se configura un espacio probabilístico mediante el triple (Ω, \mathcal{F}, P) , donde el espacio muestral Ω y la medida P quedan especificadas. La dificultad radica en encontrar el σ -álgebra de ese espacio.

El i -ésimo experto tendrá un vector de probabilidades $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{im})$. Dónde $p_{ij} \geq 0$ y $\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1, \forall i = 1, \dots, n$. Sea $w_i \geq 0$ con $\sum_i w_i = 1$, un conjunto de ponderadores no-negativos, para cualquier número real $r \in \mathbb{R}$, la probabilidad media ponderada del evento a_j es:

$$M_r(j) = \left(\sum_{i=1}^n w_i p_{ij}^r \right)^{\frac{1}{r}} \quad (1.1)$$

Siguiendo a Ouchi (2004:4), la probabilidad r -norma de a_j es:

$$P_r(j) = \frac{M_r(j)}{\sum_k M_r(k)}, \quad \forall k = 1, \dots, m \quad (1.2)$$

De esta manera, si:

- $r = 1 \rightarrow P_r$ es la media aritmética ponderada de P_i .
- $r = 0 \rightarrow P_r$ es la media geométrica ponderada de P_i .
- $r = -1 \rightarrow P_r$ es la media armónica ponderada de P_i .

La interpretación de M_r surge de las consideraciones que menciona Ouchi (2004). Según Bedford y Cooke (2001):

- i. $M_r(j) \rightarrow \prod_{i=1}^n p_{ij}^{w_i}$ cuando $r \rightarrow 0$ (esto refleja la relación entre la media geométrica y la medida de probabilidad).

- ii. $M_r(j) \rightarrow \max_{i=1, \dots, m} (p_{ij})$ cuando $r \rightarrow \infty$ (cota superior).
- iii. $M_r(j) \rightarrow \min_{i=1, \dots, m} (p_{ij})$ cuando $r \rightarrow -\infty$ (cota inferior).
- iv. Si $r < s$, entonces $M_r(j) < M_s(j)$.
Serán iguales sii $p_{ij} = p_{kj}$ para $1 \leq i, k \leq n$ (principio de orden).
- v. Es posible definir $M_r(j+k) = \left(\sum_{i=1}^n w_i (p_{ij} + p_{ik}) \right)^{\frac{1}{r}}$

De esta manera, es fácil ver que esta propuesta metodológica pertenece al tipo de modelos no-bayesianos, de carácter axiomáticos. La propuesta forma funcional combinada $G(P_1, \dots, P_n)$ debe guardar relación con el número r que se elija. Es deseable, según los mencionados autores, que dicha función satisfaga las siguientes tres propiedades:

- i. Conjunto fuerte en la sabiduría del experto (*strong set-wise function property*): para cualquier subconjunto de $A \subseteq \{a_1, \dots, a_m\}$ la probabilidad asociada al tomador de decisiones depende únicamente del juicio de los expertos sobre A .
- ii. Propiedad de marginación (*marginalization property*): las probabilidades deben verse inalteradas aun cuando se particione²⁰ el espacio muestral (Ω).
- iii. Preservación de independencia (*Independence preservation*): para todo $A, B \subseteq \{a_1, \dots, a_m\}$ tal que $P_i(A \cap B) = P_i(A) \cdot P_i(B), \forall i = 1, \dots, n$. Entonces,

$$G(P_1, \dots, P_n)(A \cap B) = G(P_1, \dots, P_n)(A) \cdot G(P_1, \dots, P_n)(B) \quad (1.3)$$

1.3.2. Enfoque bayesiano

Existe consenso en la literatura respecto a que el método bayesiano, es el más robusto para combinar el juicio de expertos (Ouchi, 2004:6). Su aplicabilidad estaría dada cuando el tomador de decisiones, sea el gerente o cualquier *stakeholder* que deba tomar una decisión de gestión, incorpore la opinión de expertos en su creencia *a priori* de la distribución de probabilidades, de acuerdo al Teorema de Bayes.

Sea $P(x)$ dicha distribución de probabilidades *a priori* para algún valor desconocido de x , entonces, la probabilidad condicional de ocurrencia de observar D dado que ocurrió x , está dada por $P(D|x)$. De acuerdo a Bayes, entonces:

²⁰ Para mayor detalle sobre particiones de espacios finitos, ver Lin (2006).

$$P(x|D) = \frac{P(D|x) \cdot P(x)}{P(D)} \quad (1.4)$$

La pregunta que se plantea entonces es, cómo considerar la distribución de probabilidades *a posteriori* del *stakeholder*. Siguiendo al mencionado autor, se desea hacer inferencia estadística acerca de una cantidad desconocida de X , mediante el juicio de n expertos. Éstos proveen las estimaciones de X : x_1, \dots, x_n . Sea $p(x)$ la densidad de probabilidades *a priori* para X y $p(x_1, \dots, x_n|x)$, las creencias acerca de las evaluaciones de expertos como estimaciones de X . Para hallar la densidad de probabilidades *a posteriori* $p(x|x_1, \dots, x_n)$, se puede aproximar a $p(x) \cdot p(x_1, \dots, x_n|x)$.

Si se asume que las opiniones de expertos son independientes (Morris, 1974, 1977) y densidad normal, entonces la probabilidad $p(x_1, \dots, x_n|x) = \prod_{i=1}^n p(x_i|x)$. Para determinar media y varianza de la densidad o distribución *a posteriori*, es necesario utilizar algún supuesto sobre el mecanismo de evaluación del experto y el posible factor de error que incorpore (Ouchi, 2004:7-8).

Por lo anterior, puede verse que la dificultad de este tipo de procedimientos radica en la construcción de teorías de la posibilidad. Un aspecto relevante tiene que ver con la dependencia estocástica de las opiniones o evaluaciones de los especialistas que seleccione el *stakeholder* para afectar a su modelo de decisión. Si el conjunto de expertos pertenece al mismo ámbito de aplicación laboral, con formación muy afín, es posible que sus opiniones no sean independientes en sentido estricto.

Paté-Cornell (1996) advierte sobre la necesidad de encontrar un mecanismo para la agregación de opiniones, y muestra con claridad que no existe consenso académico para el tratamiento de la incertidumbre mediante modelos matemáticos que capten opinión de expertos. En particular, la autora es empática con la postura hasta aquí adoptada sobre el enfoque bayesiano. No obstante, deja en claro que la dificultad se manifiesta en la medida que existe disenso y/o enfrentamientos políticos entre los expertos.

En la siguiente sección, a la luz de los conceptos desarrollados hasta el momento en el capítulo, se analiza un esquema de gobernanza responsable del riesgo bancario.

1.4. Hacia una gobernanza responsable del riesgo bancario

El propósito de esta sección es situar la discusión en el paradigma de investigación responsable e innovación (en inglés, *Responsible Research and Innovation*, RRI) (Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012). Para ello se tendrá en cuenta lo presentado hasta el momento respecto a la comparación de los sistemas bancarios europeos y el argentino. También es importante considerar que en tanto las crisis gobiernan la dinámica y evolución de los mercados y su regulación, ésta atenta contra la idea de responsabilidad corporativa.

La propuesta de gobernanza responsable tiene que contemplar la dinámica regulatoria como innovaciones al interior de la organización y articular el consenso entre todos los *stakeholders*, para lograr una práctica responsable. Es decir, dentro del paradigma RRI, la regulación –o su gobernanza– debe ser anticipativa, reflexiva y deliberativa.

A continuación, se desarrollan tres apartados que profundizan las dimensiones de RRI. El primero, introduce la idea de innovación en organizaciones bancarias. Articulando con las secciones anteriores, en el segundo apartado se desarrolla en detalle el concepto de innovación financiera responsable. Finalmente, se propone una modalidad de regulación de esta innovación basada en un Comité de Nuevos Productos y se describe la forma en que éste tiene que contemplar una dinámica de gobernanza responsable.

1.4.1. Innovaciones en organizaciones financieras

Analizar la evolución de las actividades de innovación, requiere diferenciar sus etapas de mayor relevancia. Jeroen de Jong y Patrick Vermeulen (2003) identifican dos momentos: la creación y gestión de actividades clave en los procesos de innovación, y la creación del clima adecuado para fomentar la innovación permanente.

También realizan una importante distinción respecto a la naturaleza de la innovación; para el caso del sector bancario es más atinado alinearla en el concepto de *innovation in services*, en contraposición con *innovation in physical products*. En el primero, la innovación está en cualquier activo intangible, hecho que es característico de la industria bancaria y financiera. Bajo esta determinación, las dos etapas planteadas poseen características trascendentales en el proceso innovador. En la primera, los *stakeholders*

-que pueden ser managers de la entidad- deben detectar los nichos en los que se puede innovar y realizar las actividades necesarias para su estudio y posterior implementación. Aquí se conjuga, según los autores, la visión profesional con tareas de articulación con todos los individuos al interior de la organización. En la segunda etapa, es necesario profundizar el efecto aprendizaje generado y, nuevamente, la parte más importante son el clima laboral y las relaciones interpersonales.

Lo antedicho abre la posibilidad de introducir la idea de innovación financiera responsable en el marco de organizaciones bancarias. Para ello, es necesario definir algunos conceptos importantes que permiten comprender el modo en que se genera y transmite el conocimiento (Berger, Herring y Szegö, 1995; Engelen *et al.*, 2010). La literatura que sustenta lo anterior, es muy extensa y ampliamente debatida en la academia. Sin embargo, a los fines de la presente sección, se exponen las ideas que presenta Mario Krieger²¹ (2001) donde se podrá advertir que se adaptan a los conceptos que se desarrollan a lo largo de los apartados que siguen, a la vez que se irán señalando diferencias con otros autores cuando corresponda.

Kevin Levillain, Blanche Segrestin y Armand Hatchuel (2014), en un trabajo interesante y reciente, desarrollan la idea de capital a riesgo -*venture capital*- como posible facilitador de innovaciones. Al respecto, analizan la relación que guarda el sector financiero como canalizador de los proyectos innovadores. Con marcada intencionalidad desnudan la realidad detrás del vínculo entre fuentes de financiamiento y desarrollo de innovaciones, ya que existe un delicado equilibrio entre el rendimiento de dichos capitales al interior y exterior de empresas jóvenes. Sin duda, hacia adentro, tales capitales constituyen un motor de rentabilidad que debe derramar en crecimiento hacia afuera de la empresa, es decir, en comparación con el medio ambiente en el que se desenvuelve.

Proponen entonces que, ya que existen problemas en los esquemas tradicionales de canalización del financiamiento, se desarrollen alternativas de vínculos entre *venture capital* y administración de innovaciones (Levillain *et al.*, 2014). Entre ellas, sugieren la creación de un ecosistema de nuevos emprendimientos (*start-ups*), en el que se retroalimenten mecanismos de sinergia y operen como auditores externos entre sí. Sin embargo, omiten el criterio de responsabilidad y dejan de lado la noción de creación con

²¹ La presente investigación toma las ideas del capítulo 7, del citado libro, titulado: “La tecnología y la incorporación de conocimiento a las organizaciones”.

y para la sociedad. Su trabajo tiene un fuerte sesgo a la implementación de más modelos matemáticos y estadísticos, sin contemplar la dinámica social que se discute en el presente trabajo.

Una primera idea central es que el potencial innovador de la empresa se encuentra extendido en la totalidad de la organización, es decir, no necesariamente existe un órgano encargado de investigar y desarrollar nuevo conocimiento. El conocimiento se genera y transmite mediante la investigación y el uso del “*learning by doing-ingeniería de planta-conocimiento experimental*” (Krieger, 2001:292). Por el lado de la oferta de innovaciones financieras, es interesante la discusión acerca de la definición de innovación en el marco de un mundo atravesado por crisis financieras: “*The word is evocative of ideas, products and processes wich somehow made the world a better place*”²² (Awrey, 2013:401).

Resulta prudente analizar las virtudes de los procesos de innovación desde la perspectiva de los agentes privados y el comportamiento social en general. Dan Awrey (2013) realiza un aporte muy interesante a la discusión acerca del vínculo entre teoría y práctica. Señala al respecto, que la ausencia o existencia de equilibrio entre dichos conceptos, no puede dejar de lado que se produce por la interacción de oferta y demanda de innovación financiera. El autor muestra que el lado de la demanda fue muy importante, pero que resulta necesario arbitrar mecanismos de regulación sobre la oferta para poder construir un sistema equilibrado.

En relación a estos conceptos, en el apartado en que se introducen los Comité de Nuevos Productos, se trata la problemática de la oferta de innovaciones desde la óptica del empleado emprendedor, o *intrapreneur*. La demanda de innovación está conformada por las firmas innovadoras, mientras que la oferta, en esta óptica, está dirigida por el accionar de los agentes al interior de las organizaciones.

Una forma de innovar en una organización es por medio de procesos de investigación y desarrollo (I&D). Dentro del contexto argentino, Mario Krieger (2001) diferencia seis procesos de investigación y desarrollo. El primero denominado ciencia básica o fundamental, es un nuevo conocimiento genérico que carece de fin práctico. En segundo lugar, al agregarle esa finalidad, presenta lo que denomina el proceso básico orientado. En tercer lugar, un proceso innovador aplicado es aquel nuevo conocimiento con

²² La palabra hace referencia a las ideas, productos y procesos que de alguna manera hacen del mundo un lugar mejor. Traducción propia.

potencial de solucionar un problema y que tiene relación con los fines estratégicos de la organización. Al incorporar nuevo conocimiento aplicable a la producción de un bien o servicio, se está en presencia de un proceso de desarrollo tecnológico. El siguiente proceso mediante el cual un nuevo conocimiento utilizable es incorporado por primera vez en una unidad organizacional, el autor lo denominará innovación. Por último, el proceso de adaptación, refiere a la adecuación de la tecnología al contexto; ésta modifica la tecnología existente según las condiciones socioeconómicas y técnicas que posee la organización y da cuenta de la dinámica de la innovación. Este esquema de clasificación es lo suficientemente específico como para comprender por qué las organizaciones desean innovar, invirtiendo tiempo, capital humano y capital financiero (Eichengreen, 2003). En el contexto internacional, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) también presenta este tipo de clasificaciones pero lo hace de manera más sucinta y específica, sólo diferenciando la ciencia básica, la aplicada y el desarrollo experimental (OECD, 2002).

En lo que respecta a las organizaciones bancarias, es posible advertir la presencia de procesos que comprenden desde la innovación aplicada hasta la adaptación, dado que los productos y requerimientos financieros necesitan de la aplicabilidad como fundamento de las posibilidades de generar valor económico. Carece de sentido la generación de conocimiento genérico, o poco aplicable. Esta idea se sustenta en lo que el citado autor especifica como formas de incorporar la tecnología mediante ingeniería de planta, procedimiento vinculado con el desarrollo de nuevos productos y procesos (Krieger, 2001).

Los objetivos de la ingeniería de planta se vinculan directamente con aquello que se expone en los siguientes apartados del trabajo, orientado al caso de innovaciones financieras. En líneas generales, los objetivos de esta ingeniería son desarrollar nuevos productos, proponer usos diferentes o mejorar la calidad de los existentes, reducir costos, disminuir los peligros del empleo de determinados productos, normalizar un producto o línea de productos y mejorar las relaciones con el público (Slater, Mohr y Sengupta, 2014).

El esquema de toda organización bancaria debe contemplar la idea de innovar como forma de mejorar o producir nuevos productos -principalmente servicios o bienes intangibles-, para lograr un mejor posicionamiento o dinámica de negocios favorables en el ámbito de los servicios financieros (Berger, Herring y Szegö, 1995). En este contexto, se suscitan

diversas cuestiones interesantes para ser analizadas. En primer lugar, es destacable el hecho de que la eficiencia de las industrias está determinada por las decisiones al interior de las firmas en relación con el contexto macroeconómico (Thomas, 1996). Éstas pueden provenir de una política surgida desde el directorio, o bien de un *staff* de apoyo encargado de realizar investigaciones. La segunda cuestión es que el desarrollo de un programa de investigación implica costos y la viabilidad de un proyecto se somete a reglas financieras. Por otro lado, el contexto de incertidumbre sobre el futuro hace que las decisiones financieras se vean afectadas por la dificultad de estimar el flujo de ingresos a futuro o el valor del activo que se genere al final del proyecto -normalmente se utilizan estrategias con opciones reales, aunque queda fuera del presente análisis-.

Existe otra determinación importante que hace al rol que ocupa el inversor en proyectos de I&D. No resulta prudente considerar de modo indistinto un inversor privado externo a la firma innovadora, de otro proveniente del interior de la misma y que toma decisiones desde el directorio. Considerar a un inversor externo a la firma implica pensar la inversión como el portafolio eficiente de un agente que dispone de fondos y desea diversificar riesgos, optimizando la rentabilidad de sus inversiones. A este agente probablemente le interese poco el uso de sus fondos o los resultados de la innovación, por fuera del rendimiento económico. En otras palabras, con su cartera financiera intentará producir el mayor ingreso, minimizando el costo y tratando al riesgo como un factor importante en dicha determinación. Los incentivos privados son claramente diferentes de aquellos que tratan a la inversión como la posibilidad de lograr un crecimiento sustentable de la empresa. Por esta razón, al atraer un inversor externo se tiene que cotejar el costo de oportunidad del capital y ser lo suficientemente atractivo como para que el individuo se exponga al riesgo.

La segunda idea clave en la generación de innovaciones como conocimiento tecnológico, es contemplar el impacto en el futuro. En sintonía con la idea de sustentabilidad corporativa -*corporate sustainability*-, se destacará un trabajo reciente que proporciona un marco teórico interesante para definirla y medirla adecuadamente (Montiel y Delgado-Ceballos, 2014). Al realizar un seguimiento de la cantidad de artículos de divulgación sobre el mencionado concepto, se advierte rápidamente que existe una gran distancia entre la perspectiva académica y la de los profesionales -*practitioners*- que diariamente implementan mecanismos de gestión empresarial, como se analizó en la primera sección. El completo conjunto de observaciones que presentan los autores mencionados, muestra

la discrepancia conceptual existente y hace visible la falta de consenso respecto a lo que se considera sustentabilidad corporativa. Más aún, no existen métodos estandarizados para medir dicho concepto. Este hecho -que los autores llaman observación 4- es quizá una consecuencia del mencionado divorcio entre teoría y práctica. La principal consecuencia de lo expuesto y que guarda relación con la temática de esta tesis, es que el marco conceptual excede los márgenes de la realidad práctica, al punto que no permite una correcta definición y medición de conceptos generales, como el de sustentabilidad corporativa.

En este sentido, es interesante el concepto de modelos de sustentabilidad de negocios (SBM, *sustainable business models*) entendida como una práctica ecológica de las corporaciones. Brocken *et al.* (2014) diferencia ocho modelos basados en SBM, agrupados en las esferas tecnológica, social y organizacional. En la primera se ubica: maximizar el material y la eficiencia energética, crear valor a partir de basura o residuos, sustituir actividades con energías renovables y procesos naturales. En la esfera social se encuentra: entregar funcionalidad -en lugar de la propiedad-, adoptar una actitud responsable y cuidadosa respecto de las actividades y promover la suficiencia o conformidad. Finalmente, en lo referido a la esfera organizacional: reutilizar el negocio para la sociedad y el medio ambiente y desarrollar soluciones de escala superior. Esta taxonomía está sujeta al enfoque conocido como *triple bottom line approach*, que se basa en la consideración no solo de los individuos al interior de las empresas, sino del medioambiente y la sociedad como *stakeholders*.

La sustentabilidad analizada es una necesidad básica de cualquier firma para subsistir en el mercado. Paulo Da Souza (2010) identifica tres áreas donde el comportamiento de las unidades productivas tiene que ser acorde: impacto medioambiental, social y económico. En el primero, se puede identificar claramente un incentivo a llevar a cabo una determinada producción con el menor daño posible al medioambiente (*environmentally friendly*). La mayoría de los países desarrollados tienen en cuenta que los procesos productivos generan algún tipo de contaminación, que daña la salud del medio y de la población (Goodland y Daly, 1996). Este impacto es no deseado, aunque muchas veces no se incorpore como un costo en las funciones de producción (De Medeiros, Ribeiro y Cortimiglia, 2014). Una empresa que genere mucha contaminación, atenta contra su propia subsistencia y por lo tanto no es sustentable. La innovación en procesos puede generar una disminución en la externalidad negativa y al mismo tiempo no afectar el

atractivo de las inversiones. Si se considera a la contaminación como un costo, su mitigación los reducirá y hará aumentar el beneficio de las firmas.

En lo que respecta al impacto social, es importante tener en cuenta el rol de una empresa en la sociedad. *“Poverty and inequity in many countries, despite strong economic development, are critical challenges for sustainable development and region stability”*²³ (De Souza, 2010:113-115). Pensar en términos del alcance de las actividades de una firma implica considerar los efectos sobre la demanda y la difusión de información mediante canales que impulsan el desarrollo de climas de negocio. Las innovaciones en lazos sociales de información y comunicación permiten alcanzar beneficios derivados de las externalidades positivas de una sociedad más demandante.

El plano económico es quizá el más sencillo de justificar. Existen muchas razones por las cuales innovar es económicamente productivo o conveniente. La búsqueda de nuevos procesos, productos o mercados hace que se avance hacia mejoras en los alcances de la producción o el *market-share* de una firma. En el extremo, dicha búsqueda puede culminar en el descubrimiento de un producto nuevo, es decir, en el nacimiento de un nuevo mercado. Es importante considerar que un mercado con firmas innovadoras imprime una dinámica que posibilita mejoras en los estándares de calidad. Si bien es cierto que el descubrimiento de nuevas tecnologías deja obsoletas a las anteriores, en términos económicos y científicos, implica una evolución deseable. En la literatura tradicional de políticas industriales es usual el desarrollo de modelos que explican comportamientos estratégicos de las firmas en contextos de innovación vertical, tal como explican Philippe Aghion y Rachel Griffith (2005). En esa competencia por la innovación se crea una escalera de calidad, donde los productos a lo largo del tiempo evolucionan mediante más y mejor tecnología. Se experimenta entonces un efecto de creación destructora, según la visión schumpeteriana. Un ejemplo sencillo al respecto es la evolución de los aparatos televisores, desde su versión con tubos de rayos catódicos hasta las actuales pantallas de cristal líquido, retroiluminadas por LED.

Los incentivos por captar nuevos nichos de mercado, y con ello mejor posicionamiento de las firmas y más volumen de demanda, posibilita la inversión en proyectos de investigación. Los impactos en las esferas mencionadas sólo proporcionan ejemplos de

²³ La pobreza e inequidad en muchos países, a pesar de su desarrollo económico, son desafíos críticos para el desarrollo sustentable y la estabilidad de la región. Traducción propia.

los motivos por los cuales la innovación es importante. Pero para que las firmas deseen colocar capitales en tales proyectos, éstos deben ser financieramente convenientes.

Para alcanzar objetivos de innovación, se desarrollan programas que involucran a muchos individuos de distintos departamentos, según el orden jerárquico de la organización -en este caso, la bancaria-. Como se desarrolla en los siguientes apartados, constituye todo un desafío desde el análisis sociológico de las organizaciones, coordinar las cuestiones mencionadas en el marco de gobernanza sustentable y responsabilidad social empresarial.

1.4.2. Innovación Financiera Responsable

La crisis financiera internacional del año 2007/2008 no sólo se generó en base a fallas de regulación; En la misma influyó también la existencia de un importante vacío teórico. Sin embargo, las medidas que se pueden tomar para mejorar las cuestiones relacionadas con la responsabilidad en el sector financiero (McGuire, Sundgren y Schneeweis, 1988) a menudo se ven afectadas por un divorcio entre la teoría y la práctica. En este sentido, la noción de responsabilidad, no se incorpora como un elemento relevante en las esferas profesionales; este hecho sociológico y cultural constituye un llamado de atención para la doctrina (Adams, 2008).

Desde la década de 1980, se discute en los países europeos el rol de la responsabilidad social empresarial en el sector bancario, basado en una visión parcial que atañe a cuestiones de funcionamiento o *performance* del sector (Cochran y Wood, 1984). Esta discusión se aleja de los estándares de la gobernanza financiera sustentable, ya que desconoce muchos aspectos del orden social de las empresas. Al respecto, Geoffrey Underhill y Xiaoke Zhang (2008) discuten, desde las premisas modernas de la Comunidad Económica Europea, la vinculación entre los conceptos de responsabilidad social empresarial y gobernanza. Particularmente, el artículo se basa en dos casos de los procesos globales de gobernanza financiera emergente: los estándares de adecuación de capital de Basilea II, que fue planteado en la segunda sección del presente capítulo, y el rol de la Organización Internacional de Comisiones de Valores -*Organization of Securities Commissions*- basados en los procesos regulatorios transnacionales que sustentan el funcionamiento de las bolsas a nivel mundial. Asimismo, sostienen que el resultado global, en términos de la eficiencia del sistema financiero mundial y la

estabilidad, ha sido desigual y por ello se plantean desafíos a nivel de gobernanza global y no solo del sector bancario o monetario. Afecta, de esta manera, a la economía real.

A partir de la idea presentada en el trabajo de Armstrong *et al.* (2011), en el que se aborda la idea de innovación financiera responsable, se pueden articular cuestiones relativas a la vinculación entre gobernanza financiera y responsabilidad social empresaria. En la presente investigación se propone un concepto superador de los mencionados, que lleva al extremo la discusión actual de la Comunidad Económica Europea respecto del comportamiento general del sector bancario y el rol público o privado de los agentes, al interior de los bancos y entre los mismos, desde el marco de la responsabilidad social.

La idea de Innovación Financiera Responsable (en adelante RIF, *responsible innovation in finance*) está asociada, como puntualizan los autores mencionados, con la internalización de prácticas responsables dentro de la cultura financiera. La forma de incorporar a las organizaciones estos principios vinculados a la innovación, se logra mediante la construcción de un Comité de Nuevos Productos (en adelante, NPC: *New Product Committee*):

*Formed inside banks and investment firms, New Product Committees serve as a legitimating device looking into financial innovation at the very beginning of the design stage, and deliberating on the potential issues of the innovation under scrutiny. New Product Committees reflect on how innovations comply with rules and regulations, delimitate tasks and responsibilities inside the financial organization and validate the innovation decision.*²⁴ (Armstrong *et al.*, 2011:4).

Con la incorporación de NPC a la estructura organizacional de los bancos y entidades financieras no sólo se busca articular las innovaciones, sino que se pretende abarcar el consenso, responsabilidad y conciencia de los miembros que componen las empresas y están relacionados con los procesos novedosos -véase también al respecto, el trabajo de Keren Asante, Richard Owen y Glenn Williamson (2014)-. El problema del

²⁴ Formado dentro de los bancos y empresas de inversión, los Comité de Nuevos Productos sirven como un dispositivo de legitimación mirando hacia adentro de la innovación financiera desde el inicio de la etapa de diseño, y deliberando sobre los problemas potenciales de la innovación bajo escrutinio. Los Comité de Nuevos Productos reflexionan sobre cómo las innovaciones cumplen con las normas y regulaciones, delimitan funciones y responsabilidades dentro de la organización financiera y validan la decisión de la innovación. Traducción propia.

financiamiento a nuevos emprendimientos es analizado con detalle por Jarunee Wonglimpiyarat (2011), quien investiga el rol y dinámica del sistema de innovaciones financieras *-financial innovation system-*, particularmente para el gobierno de Estados Unidos. El mismo resulta de interés como aproximación a la idea de solución de fallas de mercado del sector financiero, mediante reglas gubernamentales; en la conocida dicotomía de reglas versus discreción, presente en el estudio de finanzas públicas en general. Si bien la idea de innovación financiera -RIF- se desarrolla al interior de las organizaciones, podría ser interesante pensar la solución incluyendo sistemas nacionales de innovaciones.

Para entender en profundidad la importancia de vincular los procesos innovadores con nociones de responsabilidad social, es necesario responder a las siguientes preguntas: ¿cuándo se puede hablar de innovaciones responsables? y ¿bajo qué condiciones se encuadran los procesos innovadores?

Para responder estas cuestiones, Armstrong *et al.* (2011) identifican siete focos que consideran relevantes para analizar las RIF: foco en funciones, en reglas morales, en internalización de valores, en consecuencias agregadas, en responsabilidad, en precaución y, finalmente, en democracia. Como se detalla a continuación, cada uno de ellos contribuye a responder a las preguntas planteadas anteriormente, a la vez que se interrelacionan profundamente entre sí.

Cuando se habla de innovación responsable (Muniesa y Lenglet, 2013; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012) y se hace foco en las funciones, una posible respuesta es que se entiende a una innovación responsable como aquella que conserva las funciones de las finanzas en la economía. Armstrong *et al.*, (2011) utilizan la definición de Robert Merton (1995) para definir las funciones del sector financiero en el sistema económico e identifican aquellas que son más relevantes como la provisión de medios de cambio, la financiación de las empresas, la transferencia de recursos, la gestión del riesgo, coordinación de las decisiones y la resolución de problemas de información asimétrica.

El segundo foco, vinculado a las reglas morales, se relaciona con ésta última consideración mencionada. Cuando se piensa en estas reglas, relacionadas con RIF, se pone en juego la necesidad de que sólo se autoricen aquellos proyectos que cumplan con principios de moral. La aproximación más directa es el principio kantiano de ética y moral: “*Kant’s categorical imperative or other comparable rules of mutual consideration*

*and reciprocity dictate conduct and translate into collective good and order.*²⁵ (Armstrong *et al.*, 2011:6). De esta manera, se puede pensar en mecanismos de exclusión social para aquellos agentes que corrompan las buenas conductas o sean moralmente incorrectos, a la hora de llevar a cabo actividades en el ámbito financiero.

El tercer foco referido a la internalización de valores, también se conecta con el anterior, ya que sugiere que las RIF sean llevadas a cabo por agentes con valores morales intrínsecos. Un caso interesante es el que plantean Javier García Fronti y Javier Castro Spila (2013) en el conocido caso de fraude con la tasa LIBOR. Éste se relaciona con el principio kantiano, pero se apoya fuertemente en la cuestión más filosófica de la ética, ya que enfatiza la subjetividad de los individuos que conforman la estructura organizacional de una entidad financiera. Desde un punto de vista sociológico la noción de valores es muy importante, puesto que es necesario que se estudie el entramado social y los canales de transmisión de conductas socialmente aceptadas, a la vez que se controlen las conductas indeseadas. Las instituciones educativas son las principales encargadas de llevar a cabo esa difícil tarea. En finanzas, esto se corresponde con una visión pedagógica de responsabilidad, que se relaciona con los dos siguientes focos.

El cuarto punto a tratar, corresponde a consecuencias agregadas. Una innovación es RIF sólo si considera los efectos relacionados con la difusión del programa novedoso. Este hecho involucra el impacto temporal de difundir una innovación, esto es considerar que lo que se lanza al mercado hoy tiene impacto en el mundo de mañana. En términos económicos se relaciona con la idea de sustentabilidad, investigación y desarrollo (De Souza, 2010; OECD, 2002) en tanto una empresa que atenta contra su existencia en el tiempo no resulta viable, a la vez que las actividades y procesos innovadores generan externalidades negativas, que deben ser consideradas como impactos sociales, económicos y medioambientales. Normalmente, el costo económico de contaminar no se cuantifica y este hecho produce efectos derrame a lo largo del tiempo. Tales consideraciones requieren un estudio profundo, detallado e interdisciplinario -que no es objeto del presente trabajo-, sin embargo, incluir estas nociones básicas permite continuar con el análisis específico de las RIF.

²⁵ Los imperativos categóricos de Kant o de otro tipo de reglas comparables de consideración mutua y reciprocidad dictan la conducta y se traducen en bienestar colectivo y orden. Traducción propia.

El quinto foco se relaciona, como se dijo, con los anteriores en tanto se basa en la consideración de las responsabilidades de los agentes en finanzas. En relación a las innovaciones financieras, se debe poder no sólo rastrear las responsabilidades individuales, sino que los agentes deben poder reconocerlas como tales: “*A financial world [...] is a world in which actions are traceable, a world in which signature is critical, a world of disclosure and attribution of liabilities, a world of audit*”²⁶ (Armstrong et al., 2011:7). La idea de establecer y afianzar lazos vía la designación de responsabilidades, permite pensar en cuestiones relacionadas con principios precautorios, como se indica en el siguiente foco.

Pensar una innovación financiera desde el foco de la precaución, implica considerar el desarrollo al interior de la organización de redes de seguridad que complementen los ideales de responsabilidad (Jones, 2000). En este sentido, el principio precautorio elemental no impide la realización de innovaciones, sino que delimita de alguna manera, la ruta de rescate ante posibles problemas. Los acuerdos internacionales para el saneamiento financiero conocidos como Basilea II y III (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006, 2010a, 2010b) son un reflejo de los principios precautorios en tanto que delimitan razones o ratios, como los relacionados con capitales mínimos requeridos a los bancos.

Finalmente, los autores trabajan sobre el foco en la democracia como aspecto importante de las innovaciones responsables. La explicación es sencilla e intuitiva: una RIF debe poder ser discutida en todos sus aspectos relevantes por todas las partes involucradas. Relacionada con los tres focos anteriores -consecuencias agregadas, responsabilidad y precaución- el hecho de incluir aspectos democráticos en la construcción y control de innovaciones financieras, implica generar mecanismos de legitimidad de las actividades involucradas. Es la idea de co-construcción que se trabaja desde una visión sociológica.

Como se pudo apreciar, los siete aspectos de las RIF que se describieron guardan una estrecha relación con las principales cuestiones filosóficas y empíricas que atañen a la actividad financiera en un ámbito económico. La importancia de entender las distintas aristas que se presentaron, radica en la posibilidad de crear un aparato de control y un

²⁶ Un mundo financiero [...] es un mundo en el que las acciones son rastreables, un mundo en el que la firma es fundamental, un mundo de la divulgación y la atribución de responsabilidades, un mundo de auditoría. Traducción propia.

lugar de discusión de los asuntos relacionados con procesos innovadores: los mencionados Comités de Nuevos Productos.

1.4.3. Comité de Nuevos Productos

A partir del análisis de firmas pertenecientes a la Comunidad Económica Europea, el trabajo de Armstrong *et al.* (2011) da cuenta de los debates que se plantean para diseñar proyectos de innovación acordes con los siete focos mencionados. En el mismo sentido, Krieger (2001) señala que el proceso general que sigue la ingeniería de planta al interior de una organización debe llevarse a cabo por una comisión evaluadora, que analice exhaustivamente el nuevo producto o proceso. La novedad en este autor es que articula cuestiones relacionadas con gobernanza sustentable y responsabilidad social empresarial.

Para llevar adelante estos procesos, es necesario contar con *stakeholders* al interior de las entidades, en este caso bancarias, que tengan capacidad y motivación personal para innovar. Este concepto se denomina *intrapreneur* y refiere al empleado emprendedor. El trabajo de Narayanan Subramanian (2005) es muy claro respecto de las relaciones entre individuos y actitudes innovadoras de los *intrapreneurs* para con las empresas. En él muestra que, si bien es siempre positivo contar con un ambiente innovador, el resultado en términos económicos es ambiguo:

*In fact, there may be situations in which there is intrapreneurship in firms with low and high levels of rent, but not in firms with intermediate levels of rent. The reason is this: at low levels of rent, intrapreneurship is too attractive for the employee and, therefore, too costly to prevent, while at high levels of rent, intrapreneurship is so attractive to the firm that it outweighs the cost in terms of lost effort. In general, however, provided that the innovation environment is sufficiently favourable, industries where the degree of complementarity between new innovations and the firm's main activities is greater will have a greater level of intrapreneurial activity.*²⁷ (Subramanian, 2005:506).

²⁷ Existen empresas con bajos y altos niveles de rentabilidad en las que es muy importante la incidencia de *intrapreneurs*, pero no en las empresas con niveles intermedios de rentabilidad. La razón es la siguiente: a bajos niveles de rentabilidad, las empresas innovadoras son demasiado atractivas para el empleado y, por

Es decir, es muy importante el nivel de rentabilidad de la organización en cuestión, como así también el ambiente y grado de relación que guarda la actividad innovadora respecto de las actividades principales de la empresa. Situando estos conceptos en el sector bancario, puede verse que se trata de un mercado altamente *rent-seeking* donde la innovación es muy importante para facilitar la dinámica de los agentes intervinientes en el ámbito financiero.

En lo que respecta al medioambiente, David Urbano *et al.* (2011) presenta un estudio de caso para PyMES españolas en el que se mide la importancia del buen ambiente y las relaciones interpersonales dentro de la organización. Allí también resulta indispensable la participación de todos los empleados en las situaciones críticas, como las actividades frente a la gestión y exposición a riesgos. El debate como medio de intercambio de ideas y la conformación de un grupo de personas relacionadas con las entidades financieras, son los pilares fundamentales de los NPC. Armstrong *et al.* (2011) puntualizan que en la industria financiera la inclusión de los mencionados Comités está abierta a una multiplicidad de agentes, pero ésta se limita a la acción al interior de la institución -banco, sociedad de bolsa, etc.-. La importancia de articular estas instituciones dentro del esquema jerárquico de las firmas radica en la co-construcción del ideal de responsabilidad empresarial, que determina la dinámica de innovación acorde a las necesidades de la sociedad. Atendiendo a las demandas y características propias de los productos financieros, el hecho de construir un grupo de debate que sea crítico de los aspectos relacionados, por ejemplo, con gestión de riesgo, implica considerar la idea de reversibilidad. Se puede generar un proceso cíclico de revisión permanente de los aspectos más delicados de los nuevos productos y así reducir el impacto de la incertidumbre mediante un proceso de aprendizaje y control permanente.

Para considerar la implementación de NPCs en la estructura de una organización financiera, se debe someter a las siete interpretaciones de la innovación responsable en finanzas, mencionadas en el apartado anterior. A continuación, se resumen los aspectos

lo tanto, es demasiado costoso prevenir la intervención de dichos empleados innovadores. En los altos niveles de rentabilidad, es tan atractivo para la empresa que es mayor la importancia de innovadores que el costo en términos de pérdida esfuerzo. En general, sin embargo, siempre que el entorno de la innovación es suficientemente favorable, industrias en las que el grado de complementariedad entre las nuevas innovaciones y actividades principales de la empresa es superior, tendrán un mayor nivel de actividad de *intrapreneurs*. Traducción propia.

más relevantes que deben tener en cuenta los NPCs, en el marco de generación de innovaciones responsables (Armstrong *et al.*, 2011).

Con respecto al foco en funciones, los NPC son lugares donde la funcionalidad de los nuevos productos puede ser revisada por miembros adecuadamente seleccionados. Es posible entonces, explicitar las ideas y debates que surjan de las expectativas de cada miembro, poniéndose en juego los potenciales impactos de la innovación.

El foco en reglas morales establece que debe existir dentro de los NPC un oficial de cumplimiento de tales normas. La figura del oficial debe analizar los diferentes aspectos de la innovación y tratar de identificar problemas no atendidos bajo su dirección. Este procedimiento podría generar, por ejemplo, riesgo de reputación, que es un motivo de preocupación difícil de identificar y controlar. El enfoque en las reglas morales remite, como ya se ha indicado, una especie de imperativo categórico kantiano o una forma de orden moral que requiere la santificación indirecta del oficial de cumplimiento, en la forma de un comisario moral.

Sigue en el análisis propuesto, el foco vinculado con la internalización de valores. Se observa al respecto que el concepto de NPC es relativamente moderno en el ámbito de las organizaciones financieras y particularmente las bancarias, para que sea posible evaluar este aspecto. Sin embargo, cada vez es más notoria la internalización de consideraciones innovadoras responsables. Para dar cuenta de esto, es posible advertir que las manifestaciones de los individuos al interior de las firmas se expresan en primera persona del plural, al tiempo que se generan así hábitos y conductas regidas por la naturalización de normas específicas.

El cuarto punto corresponde al foco en las consecuencias agregadas. Los NPCs deben ser lugares dónde se ensayen y simulen distintos escenarios con el propósito de realizar el esfuerzo de resolver preocupaciones puntuales. En el caso de la medición de impactos vía riesgos, deben existir esfuerzos relacionados a transformar la incertidumbre de eventos futuros en sucesos predecibles y de medición del riesgo. El desafío técnico radica en la imposibilidad de anticipar la conducta de los eventos relacionados con innovación financiera. La literatura indica que las consecuencias agregadas tienen al menos dos aspectos: el primero está relacionado con la posibilidad de replicar eventos hacia el interior de la institución financiera; el segundo, desde afuera de la firma, como la posibilidad de apropiación de las experiencias de competidores. En este sentido, juegan

un rol fundamental los problemas surgidos por información asimétrica y fallas de coordinación, propias de un mercado financiero que se presume altamente dinámico. De cualquier modo, es posible aprovechar el aprendizaje de las experiencias, que muestran limitaciones en la modelización de eventos o el pronóstico del futuro.

Respecto del foco en responsabilidad, es importante establecer que cuando se incorporan los NPCs, ciertos agentes involucrados aceptan o no asumir la responsabilidad de algunos de los elementos que constituyen el producto novedoso. Dichas personas pueden provenir de diversos departamentos dentro del organigrama de la entidad financiera en cuestión.

El anteúltimo foco es en precaución y establece que un NPC debería ser el lugar en el que se plantee la discusión acerca de la cantidad y proporción del programa de innovación a desarrollar. Es decir, es necesario pensar adecuadamente la escala o magnitud del proyecto. La pregunta a responder es cómo debería ser la estructura ideal del programa innovador: ¿de gran escala o comenzar en pequeña escala e ir creciendo? Las razones económicas y financieras -cuantitativas- no siempre satisfacen todos los aspectos relevantes a considerar. El principio precautorio hace hincapié en varios aspectos cualitativos del proceso innovador y el ámbito de discusión e integración de los NPCs debe satisfacer estas cuestiones.

Por último, en lo que respecta a la democracia, y como se mencionó en torno a los anteriores focos, los NPCs permiten un proceso de deliberación o discusión relativamente informal, donde las preocupaciones de los individuos se someten al consenso colectivo y se guardan en la memoria de la organización e incluso puede conservarse mediante algún soporte digital. Los Comités deben ser lugares donde se garanticen discusiones genuinas y en los que los conflictos se generen en relación con intereses intrínsecos de los individuos que pertenecen a la organización y las propias reglas morales generales. Bajo este esquema, la mejor propuesta sería conformar un NPC en el que cada voz tenga el mismo derecho a voto y mismo valor, independientemente de quien profese la opinión o ponga a consideración el tratamiento de una problemática.

En particular, resulta importante señalar que existen riesgos asociados a los distintos focos y que atraviesan a varios en simultáneo. Por ejemplo, los riesgos relacionados con los informes contables o de auditorías de procedimientos, en los que la organización se expone a riesgos de reputación y posiblemente tenga incentivos para generar informes con datos distorsionados. Jan Bebbington, Carlos Larrinaga y José Moneva (2008)

conceptualizan la idea de responsabilidad social empresaria en los informes bancarios puntualizando en el riesgo de reputación. Lo primero que destacan al respecto, es el hecho de que la reputación tiene distintas interpretaciones de acuerdo a la disciplina que la contemple. Para una visión económica y estratégica de las entidades bancarias, la reputación es un recurso ya que afecta la maximización de beneficios y de alguna manera está ligada con riesgos de créditos y alternativas de calificación, como así también a la confianza que tengan los inversores respecto del desempeño del banco.

Desde una perspectiva sociológica, el concepto se relaciona con la co-construcción social de la mirada o de las impresiones sobre una organización. De esta manera, la reputación constituye evaluaciones colectivas subjetivas de la confianza y la fiabilidad de las empresas (Unerman, 2008). Es destacable el aspecto inercial de la reputación que posiciona el concepto en un carácter dinámico, en el que el pasado influye en la evolución de la firma y la sitúa en distintos grados de solidez institución al frente a las perturbaciones del mercado. Existe una doble determinación respecto de la evaluación: la mejor manera de medir la reputación es mediante la confección de un ranking -índices de reputación- y por lo tanto, debe existir un mecanismo con alto reconocimiento en el campo, que confeccione dicho instrumento de medición (Armstrong *et al.*, 2011). Los mencionados autores realizan un estudio de seis rankings internacionales²⁸ y encuentra que están organizados en torno a cinco aspectos: rendimiento financiero, calidad de gestión, desempeño en la gestión del impacto social y medioambiental, calidad del empleo y calidad de los bienes o servicios que provee la firma. Estas ideas se relacionan tanto con el foco en reglas morales como en responsabilidad y precaución, dado por el grado de importancia que tiene tanto la innovación como la información acerca de la misma (Rayner, 2001).

Sobre la base de Armstrong *et al.* (2011) y con la delineación de los principales focos relacionados con la innovación responsable (RIF) y la creación de un ente (NPC) que satisface dichas necesidades estructurales, se puede abordar la problemática de la sustentabilidad del proceso novedoso desde una mirada crítica, pero con propuestas concretas. Los mismos identifican cinco principios que organizan los lineamientos de

²⁸ Fortune, Management Today, Financial Times, Rayner, Reputation Quotient y Reputex Social Responsibility Ratings (Bebbington, et al., 2008:339).

regulación basados en los Comités de Nuevos Productos: principio de implicación, de formalización, de revisión, de publicación y de auditoría.

El principio de implicación hace alusión al desarrollo de programas de incentivos y evaluación de los miembros del NPC. La propuesta de regulación se basa en la idea de que los empleados de una organización, como un banco, internalicen la idea de innovación responsable. Para ello se puede establecer que sólo se llegará a puestos de alta jerarquía, si se participa activamente dentro de la NPC. También se pueden incentivar conductas éticas valorables en los empleados, incorporándolos en los NPCs y permitiéndoles participar activamente en las deliberaciones sobre nuevos productos.

El principio de formalización está relacionado con la idea de generalizar el comportamiento de las organizaciones financieras. Se debe regular la estructura de las innovaciones estipulando los estándares mínimos que debe cumplimentar un proyecto novedoso para ser considerado responsable. Debe considerarse aquí, aquellas distorsiones o efectos no deseados que pudiera ocasionar el desarrollo de un programa, como se señaló anteriormente al describir los siete requisitos de las innovaciones responsables.

Los principios de revisión y publicación, apuntan hacia una gobernanza financiera responsable. Establecen que se deben generar mecanismos más formalizados de revisión de las actividades de los NPCs, a la vez que se producen documentos formales de registro y archivo de las actividades. De este modo se construyen canales de revisión y cuestionamiento de las actividades. Puede advertirse que ambos principios fomentan el desarrollo del foco sobre la democracia y la idea de deliberación democrática en la co-construcción de un ideal ético detrás de los avances tecnológicos en productos y procesos financieros (Navarro, Alcaraz y Ortiz, 2010).

Finalmente, y estrechamente relacionado con estos últimos, el principio de auditoría sugiere un control externo de las actividades de innovación. El mecanismo puntual que sugieren los autores analizados, es la realización de auditorías por cuenta de reguladores ajenos a la organización y de manera aleatoria. El carácter sorpresivo del procedimiento contribuiría a que la actividad sea internalizada más rápida y eficazmente, ayudando a que la actividad productiva se realice de la manera más transparente posible. Se pueden articular normas de regulación generales para la actividad financiera, que establezcan sanciones disciplinarias a aquellas organizaciones cuya auditoría externa arroje

valoraciones negativas. Entre las sanciones se puede establecer la prohibición parcial o total de la realización de nuevos productos o actividades por un tiempo determinado.

En la última sección de este capítulo, se contrasta la hipótesis basada en que la práctica profesional se ve fuertemente direccionada y afectada por el juicio u opinión de los expertos en las organizaciones bancarias. Para ello, se muestran los resultados de entrevistas profundas y no estructuradas, con actores claves de bancos de distinta naturaleza, tamaño y origen -públicos, privados, argentinos, extranjeros-, con el fin de identificar dimensiones, categorías y conceptos que reúnan la opinión de expertos en la gestión del riesgo de mercado.

1.5. Entrevistas a expertos de organizaciones bancarias

A lo largo del capítulo, se han presentado análisis teóricos acerca del marco regulatorio y el comportamiento de los agentes tomadores de decisiones en organizaciones bancarias. El objetivo de esta última sección es aproximar el conocimiento teórico, a la realidad empírica. Para ello, fueron entrevistados expertos en la gestión de riesgo actuarial bancario, en particular, de riesgo de mercado; se trata de seis actores clave del mercado bancario argentino y español.

La propuesta metodológica contiene los lineamientos necesarios para salvaguardar las cuestiones éticas en la toma de datos cualitativos por encuestas y/o entrevistas (Meo y Navarro, 2009). Entre los meses de julio y diciembre de 2016 se realizaron entrevistas presenciales y solicitando su permiso para grabar la conversación con fines académicos, a actores sociales de interés, que son considerados expertos.

El modelo metodológico elegido para alcanzar los objetivos de la presente tesis doctoral es el que integra métodos cuantitativos y cualitativos (Gallart, 1993) o modelo mixto de integración de datos cuantitativos y cualitativos (Hernández Sampieri, 2003). A partir de esta decisión, esta sección se divide en dos partes: la primera estudia la importancia de la información cualitativa y la confección secuencial de la herramienta para la realización de las entrevistas. En el segundo apartado, se muestran los criterios para la selección de los actores expertos y su relevancia para esta investigación. Asimismo, se muestran las categorías y dimensiones y las principales conclusiones derivadas de la experiencia

empírica de las entrevistas abiertas. En este punto resulta fundamental destacar la importancia de realizar entrevistas flexibles, que permitan al experto asociar libremente ideas y canalizar con predicados vagos su experiencia profesional (Guber, 2004).

1.5.1. Enfoque cualitativo en la investigación

El propósito de este apartado es explorar un diseño metodológico usualmente relacionado a las ciencias sociales. El enfoque cualitativo de la investigación es muy importante para complementar al análisis cuantitativo. Como señala Roberto Hernández Sampieri (2003) ambas metodologías no se excluyen sino todo lo contrario, se complementan y enriquecen mutuamente. La investigación de un fenómeno, en este caso la gestión del riesgo financiero actuarial, debe contener ambas fases para poder sacar conclusiones y poner a prueba hipótesis.

El enfoque cuantitativo utiliza datos numéricos y confía en que la medición puede realizarse y objetivar el fenómeno. Por su parte, el cualitativo, se emplea para refinar y explorar problemas y preguntas de investigación, sin necesidad de recolectar datos numéricos. El propósito es describir la realidad tal y como la observan los actores de un sistema social (Hernández Sampieri, 2003).

En la presente tesis doctoral prevalece el enfoque cuantitativo, que se desarrolla en el capítulo 2 y en el inicio del capítulo 3. Sin embargo, es muy importante para el objetivo de proponer un modelo de gestión que contemple los modelos formales y su modificación guiada por la opinión de expertos, realizar un estudio de carácter cualitativo. El mencionado autor, coincidiendo con Gallart (1993), subraya la importancia de los enfoques cualitativos, toda vez que nutren a la investigación y le otorgan una apertura conceptual mucho mayor que los modelos matemáticos, que tienden a acotar el alcance del fenómeno.

El análisis cualitativo, (...) se efectúa en base a información observacional o de expresión oral o escrita, poco estructurada, recogida con pautas flexibles, difícilmente cuantificable. Mediante la información que se releva, por lo general, se intenta captar la definición de la situación que efectúa el propio actor social y el significado que éste da a su conducta, los cuales son claves para interpretar los hechos. El análisis busca contemplar la totalidad de la

configuración en que se sitúa el actor y es, por lo tanto, holístico. Se basa en un método comparativo que va enfrentando casos similares entre sí, pero que se diferencian en algunas características cruciales, tratando de formular interpretaciones que incluyen conceptos teóricos. (Gallart, 1993:198).

Basada en este marco teórico, la presente sección tiene como propósito situar teóricamente la importancia de la recolección de datos cualitativos para el abordaje del objetivo de esta investigación. De esta manera, es necesario definir algunos conceptos para que el diseño metodológico resulte adecuado para contrastar la hipótesis planteada al comienzo del capítulo. En lo que sigue, se presenta el diseño elegido y la forma de recolección de los datos cualitativos.

En este punto, cabe mencionar que el diseño metodológico no responde al método de recolección de los datos, sino que atañe estrictamente al objetivo general de la tesis y específico de este capítulo. Es decir, se realiza un abordaje cualitativo que examine la importancia del juicio de expertos en las decisiones de gestión del riesgo de mercado, para luego ver si esta información cualitativa, direcciona a los modelos formales cuantitativos. Existen diversos enfoques y modelos que son usuales en las investigaciones acerca de fenómenos sociales. En particular, esta tesis empleará un procedimiento basado en el modelo mixto de integración de datos cuantitativos y cualitativos (Hernández Sampieri, 2003). Para ello, se utiliza un modelo integrador que deberá tener las fases cualitativas y cuantitativas y luego realizará un estudio con ambos tipos de datos en simultáneo. La primera fase -cualitativa- tiene su marco referencial en lo desarrollado a lo largo de este capítulo y concluye con el estudio empírico que se presenta y analiza en el siguiente apartado. La fase cuantitativa, tiene dimensiones reflexivas acerca de los modelos matemáticos y se analiza en detalle en el capítulo 2 de la presente investigación.

El modelo mixto representa un grado alto de integración de los enfoques cualitativos y cuantitativos (Hernández Sampieri, 2003; Saunders, 2011). Requiere un manejo fluido de ambos enfoques por parte del analista y una apertura mental que permita que co-actúen uno y otro, para extraer las conclusiones válidas y relevantes. Jean Piaget (1982) problematiza acerca de la ciencia del hombre y los mecanismos deductivos o inductivos que son necesarios para obtener datos y procesarlos en una investigación sobre comportamiento humano:

La situación de las ciencias del hombre es mucho más compleja todavía, ya que el sujeto que observa o experimenta en sí mismo o en otro puede, por una parte, ser modificado por los fenómenos observados y, por otra, dar lugar a modificaciones en cuanto al desarrollo y a la naturaleza misma de los fenómenos. (Piaget, 1982:66)

Para la primera fase, es importante definir la herramienta de recolección de los datos cualitativos y por esta razón se elige una entrevista profunda y no estructurada con directores, gerentes, analistas experimentados y jefe de secciones, todos ellos pertenecientes a entidades bancarias argentinas y españolas, tanto públicas como privadas. Las mismas son, como se dijo, personales, cuidando el carácter ético necesario para la toma de datos (Meo y Navarro, 2009). En todos los casos, el diseño del cuestionario base se emplea como guía de la conversación, pero pueden ocurrir que ésta derive hacia donde el experto considere de importancia. En esos casos, como se verá en el próximo apartado, es más rica la información obtenida.

Para el diseño del cuestionario guía se realizó una prueba piloto basada en preconceptos del entrevistador, seleccionando disparadores que conduzcan la entrevista en los focos de atención deseados. Luego, se pusieron a prueba aquellos tópicos iniciales con actores claves de un banco mediano español con sede en Madrid. Esa primera charla con el gerente de riesgos integrales, permitió refinar el cuestionario e incorporar varios conceptos que se habían omitido en la versión original. La siguiente figura contiene el proceso de creación y utilización del cuestionario en las entrevistas realizadas.

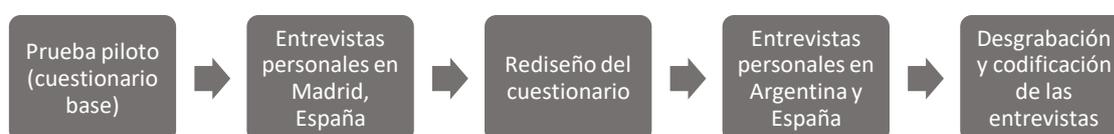


Figura 1.3: Proceso de recolección de datos cualitativos.

Fuente: Elaboración propia.

En la tercera etapa de la Fig. 1.3 se elaboró el cuestionario definitivo, posterior a realizar la prueba piloto. El mismo contiene preguntas acerca de la importancia de los modelos matemáticos y datos cuantitativos (Apéndice A1). Además, recoge los siguientes tópicos:

- (i) Mecanismos de gestión y actualización de las pruebas y métodos que se realizan en las gerencias de riesgos para recalibrar y mejorar las mediciones objetivas.
- (ii) La frecuencia de revisión de los métodos formales.
- (iii) La inclusión de eventos no ocurridos y que podrían ser relevantes.
- (iv) El nivel de consenso entre los miembros de cualquier nivel jerárquico, que pertenecen al área de gestión de riesgos.
- (v) La intuición que pueda tener el experto acerca de una exposición al riesgo, sin la medición formal.

Los tópicos (i) y (ii) son relevantes para saber cuan importantes son los modelos matemático objetivos en la toma de decisiones para controlar, gestionar y mitigar los efectos del riesgo de mercado en el patrimonio de un banco. El punto (iii) permite observar si la intuición y percepción de los expertos es preventiva o reactiva ante posibles catástrofes. Éstas se complementan con el punto (v), donde se observa la experiencia del actor en el contexto de toma de decisiones rápidas, prescindiendo de modelos objetivos o información cuantitativa. El punto (iv) responde a una primera problematización acerca del carácter responsable de la gestión de riesgos como práctica anticipatoria, reflexiva y deliberativa.

A partir del diseño metodológico elegido y la puesta en práctica de las entrevistas, es posible definir categorías y conceptos que surgen de las conversaciones no estructuradas con los actores relevantes. Este proceso es analizado en el apartado que sigue.

1.5.2. Actores relevantes, categorías y conceptos

El propósito de la etapa cualitativa de la investigación es profundizar en torno a la influencia de la experiencia de los expertos en las decisiones de riesgo bancario. Por esta razón la selección de los casos no responden a una lógica cuantitativa, sino a la calidad y representatividad de la información que éste pueda aportar sobre el tema (Saunders, 2011) y que hace que sean considerados expertos.

La entrevista es una situación social en la que interactúan por lo menos dos personas, con el propósito de obtener descripciones e interpretaciones sobre los significados de ciertos fenómenos, desde la mirada de los actores sociales. Por este motivo, el propósito central

de este apartado es la descripción de los criterios y selección de entrevistados y los resultados de tales entrevistas.

De acuerdo al marco teórico descripto, la primera etapa (Fig. 1.3) consistió en realizar la prueba piloto de un cuestionario que propuso el analista²⁹. Ésta se aplicó a un gerente de gestión integral de riesgos de un banco mediano y cotizante en bolsa de Madrid, España. La entrevista personal, que tuvo lugar en la oficina del experto situada en las afueras de Madrid, ha sido una pieza clave para realizar el cuestionario final y permitió al analista entender la lógica profesional que aplica esa institución para gestionar su exposición al riesgo de mercado. El siguiente cuadro resume el listado de entrevistados expertos, su pertenencia a instituciones bancarias y también su rol como experto:

<i>Experto</i>	<i>Pertenencia al sistema bancario</i>	<i>Rol (expertise)</i>
Gerente de riesgos	Banco mediano español (cotizante en Bolsa)	Especialista en mesa de dinero y modelos de riesgo de mercado
Funcionario de Autoridad Bancaria	Banco de España	Especialista en modelos actuariales
Funcionario de Banco Público	Banco público argentino	Especialista en modelos actuariales
Funcionario de Banco Privado	Banco pequeño argentino	Especialista en modelos actuariales
Ex gerente de Banco Privado	Banco mediano argentino	Especialista en modelos actuariales

Cuadro 1.1: Categorías de los entrevistados
Fuente: Elaboración propia.

²⁹ En el presente apartado, toda vez que se menciona al entrevistador o analista, se hace referencia al autor de la presente tesis doctoral, Martín E. Masci, quien ha elaborado el proceso y realizado las entrevistas a los 6 expertos, en España y Argentina.

El cuadro 1.1 excluye al informante clave que permitió la realización del cuestionario base. El grado de *expertise* de los actores sociales seleccionados es muy amplio y el alcance va desde la autoridad bancaria hasta bancos grandes, medianos y pequeños, tanto públicos como privados en Argentina y España. Por eso, desde una óptica gerencial, el alcance de la información proveniente del juicio de los mencionados expertos, es relevante para la investigación.

En la presentación del investigador intervienen la información voluntaria e involuntaria que él suministra de sí, las vías de acceso a ese grupo social, los objetivos que guían su investigación y sus conocimientos previos acerca de los sujetos de la investigación. Con respecto a los informantes, tienen especial relevancia la experiencia previa en el trato con otros sectores y actores sociales y los términos actuales de la relación con distintos sectores de la sociedad mayor, fundamentalmente, con aquellos con capacidad de decisión y coerción. (Guber, 2004:92)

En este contexto, la habilidad del analista radica en guiar la conversación para saturar los disparadores propuestos, sin influenciar la información que brinda el experto. En el inicio de la entrevista, el entrevistador le presenta al entrevistado los propósitos generales de la investigación y el contexto institucional en que se realiza el estudio. Luego le solicita permiso para grabar, destacando la confidencialidad, anonimato y disponibilidad de todo el material (Guber, 2004; Meo y Navarro, 2009). La presentación utilizada en nuestro caso es la siguiente:

Muchas gracias por permitirme hacer esta entrevista. Ésta es una tesis de doctorado en Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires. El objetivo es estudiar la incidencia de la opinión de experto en la gestión de riesgo de mercado. Con la ayuda de los entrevistados se identificarán las características del sector en estos campos de aplicación.

Toda la información es confidencial y anónima. Por favor no indicar nombres ni suministrar información sensible.

Todo el material está a disposición a futuro.

La entrevista comienza con una pregunta clave que, en este caso, refiere a la confiabilidad de los modelos teóricos matemáticos y su uso en la gestión de riesgo de mercado en

bancos. Este disparador sitúa la percepción del analista, permite sustraer sus emociones y experiencia previa al respecto y direcciona el sentido del intercambio.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la confección del cuestionario tiene al menos tres partes importantes: la percepción de la importancia de los modelos formales –cuantitativos-, la capacidad anticipatoria de los modelos y el carácter responsable -con consenso-. Para abordar esas tres dimensiones, se realizan siete preguntas disparadoras. El siguiente cuadro recoge en forma de matriz, las conclusiones extraídas para las dimensiones relacionadas con la importancia de los modelos matemáticos:

Experto	Vinculación	Precisión de los modelos matemáticos	Nivel de adecuación del modelo a la opinión del experto
Gerente de riesgos	Banco mediano español (cotizante en Bolsa)	El mercado es soberano, el modelo es imprescindible	Bajo nivel de adecuación
		<i>“(…) yo creo que la parte de riesgo de mercado debe ser un área del banco donde la metodología sea más inflexible: al final, es el modelo el que manda.”</i>	<i>“(…) yo creo que hay que distinguir el modelo que tu quieres usar de cara a la gestión al modelo que tu eres capaz de generar para prever posiciones de impacto. Me explico: al final, hay un mercado, hay una competición y todos sabemos a dónde tenemos que llegar”</i>
Funcionario de Autoridad Bancaria	Banco de España	Destacada participación del Experto	Problema con el regulador, ya que exige modelos matemáticos
		<i>“La metodología siempre debería estar influenciada por la experiencia y opinión de un experto, ya que no existen metodologías cuantitativas perfectas”</i>	<i>“Es un input adicional que ayuda a la toma de decisiones. El regulador exige que los modelos estén implantados en la gestión para que las entidades se esfuercen en realizar gestiones lo más objetivas posibles, y basadas en datos contrastables”</i>

Funcionario de Banco Público	Banco público argentino	Importancia de la metodología cuantitativa	Bajo nivel de adecuación
		<i>“En mi opinión la metodología cuantitativa empleada para valorar los Riesgos de Mercado es precisa y adecuada y mantiene una cierta holgura con el riesgo asumido. Sin embargo, debe ser calibrada periódicamente para corroborar su precisión en las predicciones”</i>	<i>“(…) considero que depende de un cambio organizacional, en la cual todos los integrantes de la Entidad comprendan la importancia de una adecuada Gestión de Riesgos, para que dejé de ser meramente Compliance y pasé a ser fundamental en las decisiones que se tomen”</i>
Funcionario de Banco Privado	Banco pequeño argentino	Poca importancia en banca pequeña. Utilizan Valor a Riesgo.	Bajo nivel de adecuación
		<i>“En términos generales, en el contexto del mercado local las metodologías de medición de riesgo de mercado son relativamente escasas, ya sea basados en la poca profundidad de los mercados, en la ausencia de diversidad de instrumentos y en la carencia de datos confiables robustos que permiten la aplicación de modelos más complejos. Por ello, generalmente los modelos de gestión de riesgo se centran principalmente en técnicas de Valor a Riesgo a partir de métodos históricos y/o paramétricos”</i>	<i>“Idealmente, los modelos de medición de riesgos no deberían ser adaptados ante cambios en las estrategias tomadas por la Dirección o ante los cambios de los lineamientos de actividades bajados por la misma. Esto se debe a que dichos modelos deberían ser flexibles y capaces de medir los cambios de composición efectuados”</i>
Ex gerente de Banco Privado	Banco mediano argentino	Importancia relativa de la opinión de expertos	No contesta a esta dimensión, ya que es un ex gerente y no tiene gestión actual
		<i>“Toda vez que la valoración del riesgo es probabilística,</i>	<i>No contesta a esta cuestión</i>

		<p><i>la misma tiene un margen de error, y su precisión debería analizarse mediante pruebas retrospectivas (backtesting).</i></p> <p><i>La opinión y experiencia afecta en primera medida en la selección del modelo, con lo cual es determinante.”</i></p>	
--	--	---	--

Cuadro 1.2: Matriz de análisis de las dimensiones relacionadas con la importancia de los modelos matemáticos

Fuente: Elaboración propia

Respecto de este primer grupo de cuestionamientos, en líneas generales, es posible decir que los modelos matemáticos son muy importantes. En general, para el caso de España, el experto en la banca privada es el mercado y en la Autoridad Monetaria es el regulador. En Argentina, según la envergadura del banco, hay en general un bajo nivel de adecuación del modelo formal a lo que quiera u opine el experto o tomador de decisiones.

A continuación, el cuadro 1.3 resume las dimensiones relacionadas con la capacidad anticipatoria de los modelos:

Experto	Vinculación	Modelos con mayor complejidad	Periodicidad de ajustes a los modelos	Eventos de Riesgo Extremo
Gerente de riesgos	Banco mediano español (cotizante en Bolsa)	La complejidad la determina el mercado	Poca periodicidad de ajuste	Si nunca ocurrió, no es posible incorporarlo
		<i>“Una cosa que ha cambiado ahora es que haces pruebas también de estrés porque el problema es que antes, ante eventos tan dispares, la gente ni los planteaba. En España, había una idea de que la vivienda iba a bajar.</i>	<i>“(…) el modelo funciona bien siempre hasta que no funciona. Mirando atrás, los modelos desde 2006/2007 hasta 2009 se tumbaron. Se tumbó la parte de</i>	<i>“(…) al final, un académico se puede permitir el lujo de ir contra la corriente durante un tiempo. Pero una persona que va contra las</i>

		<p><i>Pero en el 2003, 2004 y 2005 nadie apostaba a eso y llegó un momento en qué bajó. Hoy en día ya haces el estrés de dónde está la vivienda hoy y qué pasaría si cayera. Entonces, todo eso lo metes en el modelo, pero hay inputs que hoy no conocemos y que igual el día de mañana se dan. Eso el modelo tampoco los recoge, ni tampoco el experto. El experto los tiene ya en el momento en que se dan: si vos me preguntas hace un año si Inglaterra iba a ser de la Unión Europea, yo creo que te hubiera dicho “yo que sé”.”</i></p>	<p><i>modelización de lo que es el riesgo como es la parte del pricing de la sala porque cambió el paradigma y nos encontramos con que la liquidez existe, también el uso del crédito entre entidades bancarias existe, tiene un precio y hay que pagarlo. Entonces, el cambio de paradigma es brutal: las curvas cambiaron, todo cambió.”</i></p>	<p><i>tendencias del mercado, siendo un Banco por ejemplo: si no das crédito a promotores tiene sentido pero te habrías quedado fuera y te echarían.”</i></p>
Funcionario de Autoridad Bancaria	Banco de España	<p>Metodología “<i>forward looking</i>” como simulación histórica</p>	<p>Ideal, en España, la revisión periódica</p>	<p>Modelos expertos</p>
		<p><i>“Es importante mirar al pasado para no volver a cometer errores que ya hayan ocurrido, pero se debe tener presente que en el futuro las cosas no tienen que volver a ser un reflejo exacto del pasado. Con esto me refiero a que los resultados que se</i></p>	<p><i>“Como mínimo, una vez al año, ideal sería por lo menos una vez al trimestre, es decir, 4 veces al año.”</i></p>	<p><i>“La forma que se me ocurre de incorporar eventos inéditos, es con lo que se llaman “modelos expertos”, siempre suponiendo la peor situación posible para</i></p>

		<i>obtenían simulando situaciones pasadas, deben ser ajustados a lo que se espere del futuro. Una posible metodología es la que llaman forward looking.”</i>		<i>estar prevenidos ante problemas que puedan aparecer”</i>
Funcionario de Banco Público	Banco público argentino	Depende de la envergadura del Banco	Ideal, en Argentina, revisión periódica	Utilizar EVT
		<i>“Creo que dependiendo de los Activos que se incluyan en la Cartera de Negociación (Trading Book) y la operatoria de la Entidad puede ser utilizada dicha metodología para predecir el futuro. Claramente un Banco con un nivel de exposición bajo al Riesgo de Mercado no es demasiado útil emplear el modelo más sofisticado”</i>	<i>“Hemos definido una revisión cuatrimestral de nuestra metodología cuantitativa, en base a las recomendaciones del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea y las pruebas retrospectivas efectuadas”</i>	<i>“Creo que la forma de incorporar eventos inéditos debería emplearse con la metodología Extreme Value Theory (EVT)”</i>
Funcionario de Banco Privado	Banco pequeño argentino	Banco pequeño, importancia de modelos simples y rápidos de calibrar	Depende de los analistas de riesgo	No deberían incorporarse
		<i>“En principio, tanto simulación histórica como metodologías paramétricas tienen ventajas y limitaciones. En los tiempos en los que el VaR comenzó a aplicarse, la</i>	<i>“En principio, es responsabilidad de los analistas de riesgos reportar cambios estructurales que requieran un cambio en las</i>	<i>“(…) es común encontrar la exclusión de eventos extremos o outliers de la base de datos utilizada para el</i>

		<i>reproducción de cuentas demandaba tiempo y por ello métodos como el paramétrico permitían ganar tiempo y optimizar recursos.”</i>	<i>metodologías cuantitativas de medición. En el mejor de los casos, esto no traerá aparejado el abandono de técnicas previas, sino el enriquecimiento de la gestión del riesgo con la incorporación de nuevas maneras de medir diferentes aristas de una misma situación.”</i>	<i>cálculo de valores a riesgo. Por un lado, quienes defienden esta teoría sostienen que en indicador debería responder a situaciones de normalidad en el mercado”</i>
Ex gerente de Banco Privado	Banco mediano argentino	Importancia de modelos basados en datos históricos y simples	Anualmente	Se incorporan, en Argentina, luego de que ocurren
		<i>“Indefectiblemente los modelos se basan en datos del pasado, ya sea mediante un modelo no paramétrico como es el caso de la SH, como en el caso de modelos paramétricos, donde el pasado es utilizado para estimar los parámetros del modelo seleccionado. En mi opinión, me inclino más por modelos que suavicen los datos para lograr una distribución continua de los</i>	<i>“Al menos anualmente, en base al resultado de una prueba retrospectiva”</i>	<i>“En mi experiencia, no he visto en el mercado local demasiado tratamiento de eventos extremos. En caso de observarse eventos extremos, en general los mismos se incorporan en la base de datos al igual que un evento</i>

		<p><i>retornos. Sin embargo, tiene que haber un equilibrio entre el nivel de sofisticación y la capacidad de comunicar el modelo y sus resultados. (Aunque no me gusta usar frases extranjeras: The simpler the better.).”</i></p>	<p><i>“normal”. Sin embargo, cabe señalar que, en mi experiencia, los modelos sin colas pesadas (por ejemplo, basados en distribución normal) respondieron adecuadamente a las pruebas retrospectivas y no fue necesaria su revisión para incorporar modelos con colas pesadas.”</i></p>
--	--	--	--

Cuadro 1.3: Matriz de análisis de las dimensiones relacionadas con la capacidad anticipatoria de los modelos

Fuente: Elaboración propia.

Respecto de estas dimensiones, las opiniones son menos homogéneas; las respuestas son más dispares. Puede observarse que mercados como el español en su banca privada, no permiten la práctica anticipatoria tan agresiva, ya que ser conservador implica castigar mucho las decisiones de cartera y quedar fuera del mercado. La revisión de las prácticas y modelos se deben hacer en forma muy periódica en mercados más volátiles, como el caso argentino. En España, el regulador puede sugerir estas determinaciones, pero en general el mercado estable hace que no se ajusten o recalibren constantemente los modelos.

Finalmente, las dimensiones relacionadas con la práctica responsable, o la percepción de las mismas por parte de los expertos, se encuentran resumidas en el cuadro que sigue:

Experto	Vinculación	Nivel de consenso	Capacidad anticipatoria
Gerente de riesgos	Banco mediano español (cotizante en Bolsa)	No existe un consenso de arriba hacia abajo o viceversa. Conviven ambas direcciones.	La experiencia y percepción del experto son fundamentales

		<p><i>“no tiene un movimiento: tanto sube como baja. Es decir, tu tienes un modelo y yo soy el analista de riesgos o por ejemplo ahora que estoy calculando proyecciones. Imaginate que hubiera un evento, me dice que va a haber un nivel de provisiones y si yo entiendo que ese nivel no es el adecuado porque el evento que va a pasar no tiene sentido que salga ese nivel, entonces es cuando se traslada hacia arriba. Y desde arriba hacia abajo es, pues, “esto hay que cubrirlo de alguna forma”.”</i></p>	<p><i>“yo no tendría ni idea. Yo tampoco estoy controlando el rendimiento que tienen ciertos activos en sí, o sea, al final no tengo esa sensibilidad. Pero es posible que sea un analista de bolsa hoy el que va a hacer eso. ¿Esto a que te suena a ti? Sin ver un modelo, sin ningún ratio, pues con lo que yo sé, me suena que va a ser esto o que luego voy a hacer otra cosa, ¿no? En base a lo que yo sé, mi experiencia pasada, cómo veo el mercado, cómo es el sector, pues puedo inferir más o menos qué es lo que puede hacer esta empresa.”</i></p>
Funcionario de Autoridad Bancaria	Banco de España	Decisiones tipo “ <i>top-down</i> ”	Puede medir la congruencia de una medida sin modelos sofisticados
		<p><i>“Se toman de arriba hacia abajo. Los analistas de modelos presentan resultados, pero las decisiones las toman los jefes”</i></p>	<p><i>“Sí, podría decir que es la máxima pérdida que ha ocurrido en el pasado, lo que luego debería ajustarse con algún factor (pero para este último paso necesitaría utilizar al menos una calculadora)”</i></p>
Funcionario de Banco Público	Banco público argentino	Decisiones tipo “ <i>Bottom-up</i> ”	Puede medir la congruencia de una medida sin modelos sofisticados
		<p><i>“La decisión de implementar un modelo de medición de riesgo se efectúa con consenso en el área (de abajo hacia arriba), siendo validada por el órgano de decisión más alto del Banco, teniendo en cuenta las buenas prácticas en la</i></p>	<p><i>“En mi opinión considero que es posible estimar un porcentaje de pérdida y una banda de confianza sin emplear recursos tecnológicos, aún con la posibilidad de tener un margen de error.”</i></p>

		<i>Gestión de Riesgos y Gobierno Corporativo (Gobernanza)</i>	
Funcionario de Banco Privado	Banco pequeño argentino	Decisiones tipo “ <i>Bottom-up</i> ”	Puede medir la congruencia de una medida sin modelos sofisticados
		<i>“En este caso, al menos en lo referente a mi experiencia local, sí podría decir que las decisiones de implementación de modelos surgen desde abajo (desde la Gerencia de Riesgos) hacia arriba (Directorio). Al mismo tiempo, las políticas de apetito al riesgo toman el efecto inverso (desde el Directorio hacia la Gerencia de Riesgos).”</i>	<i>“Si bien no es una respuesta formal, la unión de ambos riesgos tendrá un riesgo máximo en el producto de los mayores retornos negativos de cada uno de forma independiente (convolución). De acuerdo al sesgo que tengan las distribuciones hacia lo negativo, se podría obtener una idea de que porcentaje de tan velozmente se acumula el nivel de confianza en los retornos negativos”</i>
Ex gerente de Banco Privado	Banco mediano argentino	Decisiones tipo “ <i>Bottom-up</i> ”	No contesta a este tópico.
		<i>“En mi experiencia, el consenso fue absoluto, y los modelos fueron discutidos en el área. Diría que fue más de abajo hacia arriba.”</i>	<i>“Nunca lo hice, sería un lindo experimento. Cuando gustes lo hacemos”</i>

Cuadro 1.4: Matriz de análisis de las dimensiones relacionadas con práctica responsable
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de acuerdo al nivel de consenso, es posible ver que en España existen mayores mecanismos de discusión, deliberación y puesta en común de los distintos actores (*stakeholders*) de un banco. Si bien, prevalece la importancia relativa de los directores o dueños del banco, al parecer, las decisiones tienen cierto carácter de responsabilidad. En Argentina en cambio, en todos los casos la respuesta fue un nivel de consenso de abajo hacia arriba. Es decir, desde el analista hacia el sector directivo. Esto implica que el nivel de consenso o práctica responsable en Argentina es escaso o nulo.

La hipótesis de que el juicio de experto direcciona la práctica profesional se verifica entonces parcialmente. En mercados profundos, el juicio del experto tiene mayor incidencia, mientras que en economías emergentes, tanto la regulación como la gestión del riesgo de mercado están todavía poco desarrollada. Por lo tanto, el experto tiene menor incidencia en el direccionamiento mencionado. Por este motivo, es importante pensar en propuestas que protocolicen ese modelo de gestión. Éste debe contemplar la importancia de los modelos matemáticos y la incidencia de la experiencia y opinión de los expertos al interior de las organizaciones bancarias.

Conclusión del capítulo

Este capítulo presentó un estudio crítico de la práctica profesional en instituciones bancarias. Para hacerlo, luego de examinar el marco teórico de la Ciencias de la Administración y las teorías de decisiones, mostró la importancia del marco regulatorio en la toma de decisiones de gestión del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. En este objetivo vinculado con las prácticas responsables, ha cobrado importancia el aspecto anticipatorio de las normas regulatorias. En particular, se advirtió que el marco regulatorio analizado carece de responsabilidad en las dimensiones anticipativas, reflexivas y deliberativas (Muniesa y Lenglet, 2013; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012). Por este motivo, uno de los aportes del capítulo fue la protocolización de la práctica regulatoria responsable en bancos.

La hipótesis a contrastar era la existencia de regulación responsable, en el sentido que lo plantea la Comunidad Económica Europea, en los sistemas bancarios argentino y español. En países con un sistema muy desarrollado, el concepto de responsabilidad está presente en la regulación, aunque en menor medida de aquello que sugiere la teoría. En este sentido, las crisis financieras de alto alcance mostraron innumerables fallas en los mecanismos de control y mitigación de anomalías en productos y procesos. En muchos casos, las soluciones se presentaron como construcciones ad-hoc, careciendo del carácter responsable. La regulación argentina muestra una clara incidencia de los lineamientos que establecen los organismos internacionales como el Banco Internacional de Pagos, que se analiza en el próximo capítulo. En la actualidad, claramente no se incorporan normas o mecanismos con carácter responsable.

Por lo antedicho, el capítulo concluye con una propuesta de regulación o gobernanza responsable en organizaciones bancarias, que contemple en su dinámica aspectos anticipatorios, reflexivos y deliberativos. Los bancos permanentemente incorporan innovaciones financieras para ofrecer al mercado, debiendo cumplir con regulaciones que limitan el alcance. Estas normativas no son suficientes para asegurar un proceso responsable y sustentable, que minimice los riesgos medioambientales, sociales y económicos. Se necesitan agentes al interior de las entidades, que tengan capacidad y motivación personal para innovar, y sean *intrapreneurs*. Se argumentó entonces, que la propuesta europea de innovación financiera responsable es un buen articulador de gobernanza y responsabilidad social empresaria para el contexto bancario. En esta línea, se requiere internalizar prácticas responsables dentro de la cultura financiera.

Respecto a la segunda hipótesis de trabajo, referida a que la práctica profesional se ve direccionada por el juicio u opinión de expertos, ésta se ha verificado parcialmente. Para ello, se procedió a la realización de seis entrevistas a actores expertos del mercado bancario argentino y español. Previamente, se realizó la prueba piloto que condujo a la construcción de un cuestionario que contiene al menos tres partes importantes: la percepción de la importancia de los modelos formales cuantitativos, la capacidad anticipatoria de los modelos y carácter responsable o consenso. Para abordar esas dimensiones, se realizan siete preguntas disparadoras. El diseño metodológico basado en entrevistas profundas y no estructuradas, permitieron al experto entrevistado desplazar el foco de atención inicial lo que constituye un hecho relevante en la fase de recolección de información cualitativa. La principal conclusión sobre esta etapa está relacionada con la importancia de propuestas que protocolicen el modelo de gestión. Éste debe contemplar la importancia de los modelos matemáticos y la incidencia de la experiencia y opinión de los expertos al interior de las organizaciones bancarias.

Con los aportes de las secciones 1.4 y 1.5 y basadas en el marco teórico, se concluyó en que la forma de incorporar en las organizaciones financieras los principios relacionados con la innovación responsable es la creación de un Comité de Nuevos Productos. De este modo, no sólo se busca articular las innovaciones, sino que se pretende abarcar el consenso, responsabilidad y conciencia de los miembros que componen las empresas con y para la sociedad, y están relacionados con los procesos novedosos.

2. FUNDAMENTOS ESTOCÁSTICOS DE LA MEDICIÓN DE RIESGO DE MERCADO: DIMENSIÓN REFLEXIVA

Introducción al capítulo

El presente capítulo tiene como objetivo específico estudiar críticamente las metodologías estocásticas para la evaluación de riesgo de mercado. Para abordar esta problemática, se plantea en la primera etapa un diseño metodológico exploratorio, que permite realizar el análisis crítico de los modelos matemáticos que se utilizan en la gestión de este tipo de riesgos. Posteriormente, será posible el estudio de las implicancias empíricas de los modelos estudiados y su adecuación al marco teórico.

A los fines de entender la problemática en contexto, el capítulo explora los conceptos relacionados con la teoría de la incertidumbre que afectan las decisiones en organizaciones bancarias. En este sentido, resulta imprescindible conocer el marco teórico de la evolución del concepto de racionalidad humana en contextos inciertos, para luego ver la inclusión de técnicas matemáticas o estadísticas, que permitan la medición de dicha incertidumbre. Las diferencias conceptuales entre incertidumbre y riesgo son fundamentales para poder mostrar las implicancias de los modelos matemáticos en la gestión de riesgos de mercado en organizaciones bancarias.

La gestión de los riesgos de mercado está estrechamente vinculada a los modelos matemáticos que miden la exposición o máxima pérdida contingente: alta intensidad, muy baja frecuencia. Por este motivo, es muy importante realizar una correcta gestión en las organizaciones bancarias, que involucre a todos los agentes de manera responsable. Como se ha analizado en el capítulo anterior, las entrevistas a los expertos provenientes de diversas organizaciones bancarias han permitido estudiar la incidencia de las opiniones en la gestión del mencionado riesgo. Esa práctica se enmarca en la dimensión anticipativa como aspecto responsable.

En este capítulo el análisis estará centrado en la dimensión reflexiva. Para hacerlo, es necesario estudiar las principales medidas de riesgo tradicionales (Basak y Shapiro, 2001; Bessis, 2011; Duffie y Pan, 1997; Jorion, 1997) comenzando con el Valor a Riesgo (VaR). Luego desde una visión más moderna, se estudiará en detalle la Teoría de Valores Extremos (*Extreme Value Theory, EVT*) que hará foco en el riesgo de la cola de la

distribución de ganancias y pérdidas. Finalmente, y de acuerdo a la regulación actual, la propuesta metodológica consistirá en analizar exhaustivamente los modelos alternativos de Déficit Esperado (*Expected Shortfall, ES*). Estos modelos son conocidos como VaR Condicional (CVaR), porque son medidas condicionadas a la ocurrencia de pérdidas por encima del umbral del VaR normal.

Tras este planteo inicial, se estudiará la incidencia de los modelos en la gestión eficiente de riesgos de mercado en bancos. Para ello, esta investigación pondrá énfasis en dos hipótesis: el VaR tradicional en activos muy expuestos a riesgos de mercado es ineficiente en la predicción de pérdidas cuando existen colas pesadas; *ES* y *EVT* poseen coherencia como medidas de riesgo y son más eficiente que VaR en la predicción de riesgos extremos. Sin embargo, la regulación actual no da cuenta de su necesidad en la práctica diaria; se advierte al respecto que aun cuando los textos de Basilea III incorporan la necesidad de utilizar EVT al 97,5% de confianza, esta práctica todavía no es usual en las regulaciones locales de los países miembros del Comité.

Para desarrollar esta tarea de investigación, el capítulo se organiza en cuatro secciones. La primera de ellas, estudia en detalle el marco teórico referido a la incertidumbre en organizaciones bancarias. Explora entonces la evolución de la ciencia en relación a la toma de decisiones racionales en contextos inciertos y el uso de modelos matemáticos para la medición de dicha aleatoriedad.

La segunda sección, introduce los aspectos estocásticos de la medición de riesgo de mercado. El diseño metodológico propuesto necesita de los modelos tradicionales de gestión. A tal fin, se analiza la medida de riesgo mencionada –VaR-, a la luz de la literatura específica tradicional con especial énfasis en aquella asociada a la práctica profesional, tal como se realizó en el capítulo anterior. En este sentido, la propuesta recorre tanto las técnicas tradicionales de medición del VaR, como así también las implicancias de la falta de coherencia.

En la tercera sección, se analiza críticamente la Teoría de Valores Extremos–EVT-. El objetivo es mostrar la incidencia de los valores de la cola de la distribución, en la gestión del riesgo de mercado. Metodológicamente, para poder implementar modelos con datos reales, resulta necesario acercar la teoría matemática –estadística-a la práctica diaria en bancos. El foco del análisis está centrado en las características de las distribuciones

elípticas, para luego introducir el riesgo de cola, fundamental para la gestión eficiente de eventos extremos.

La última sección analiza los modelos alternativos de VaR Condicional, en particular, el Déficit Esperado (*Expected Shortfall, ES*). La gestión del riesgo de mercado desde el punto de vista del tomador de decisiones plantea desafíos, tanto a nivel teórico como práctico. El VaR normal carece de coherencia, mientras que focalizar el tratamiento a la distribución de la cola y/o estimar la pérdida condicional revierte esta condición. Por este motivo, el capítulo concluye con un aporte acerca de la relación que guarda la medida tradicional de VaR -histórico o paramétrico- con EVT y ES. De ese análisis crítico, surge la comparación de las medidas en relación a su importancia en la gestión del riesgo de mercado y, en particular, a la coherencia como propiedad estadística relevante.

2.1. La incertidumbre en las organizaciones bancarias

La presente sección se propone problematizar el marco teórico referido a la Teoría de la Incertidumbre en organizaciones. Para hacerlo es necesario en primer lugar, discutir el concepto de racionalidad entendida como una configuración específica de capacidad y procedimientos (Halpern, 2003; Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011). Luego, se exponen las ideas relevantes acerca del concepto de incertidumbre y el modo en que los agentes racionales toman decisiones contextualmente (Grote, 2009). Solo tras el desarrollo de este marco teórico, será posible pensar al riesgo como una forma de medición de dicha incertidumbre (Copeland y Weston, 1992). Como se verá a continuación, el corpus teórico posibilita dos dimensiones analíticas: por un lado, la gestión de riesgo en organizaciones en general y por el otro, la tipificación de riesgos. De esta manera, las siguientes subsecciones hacen foco en la evolución de la metodología estocástica para la medición de un tipo particular de riesgo, en el contexto de una clase particular de organización: el riesgo de mercado en organizaciones bancarias.

2.1.1. La racionalidad en contexto de incertidumbre

En el capítulo anterior, se ha estudiado en detalle el proceso decisorio al interior de una organización y la influencia de la práctica profesional de los expertos en las múltiples decisiones que se toman a diario. En este capítulo, serán presentados un conjunto de modelos matemáticos que miden económicamente el impacto en la cartera comercial de un banco de las fluctuaciones en las variables de mercado. Claramente, el contexto es incierto y los métodos y procesos deben tener en cuenta esta característica. El experto, encargado de tomar decisiones en una organización bancaria, dispone de información, la procesa y actúa según su conjunto de creencias. Tales creencias, son producto de mecanismos individuales y de la interacción con el colectivo en el que se encuentra inmerso (Halpern, 2003).

En este sentido, la racionalidad de dicho agente es un mecanismo en el que se desarrollan posibilidades conceptuales para solucionar problemas contingentes bajo restricciones (Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011). Es decir, la racionalidad se presenta como producto de la actitud pragmática del individuo, en un contexto tiempo y espacio. Esta racionalidad situada implica el uso efectivo de reglas y habilidades cognitivas: “(...) *rationality is associated not only with effective utilization of a given set of cognitive rules but also with the effective use of cognitive abilities.*” (Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011:2). Asimismo, tales habilidades se presentan como un conjunto de herramientas empleadas en determinadas circunstancias y que pueden requerir cierta adaptación al aplicarse a otras. En esa línea, los autores mencionados caracterizan al sistema cognitivo como reflexivo, ya que posee capacidad de adaptación al medio cambiante. Esta dinámica, si bien se presenta como una característica natural del ser humano racional, posee limitaciones en dos sentidos fundamentales: por un lado, el individuo se adapta de acuerdo a su propio conjunto de creencias, lo que resulta en un proceso de transformación endogámica; por el otro, el cambio en las habilidades cognitivas proviene de alteraciones en el contexto que no son determinísticas, es decir, el entorno social carece de certidumbre respecto de su dinámica, causas y consecuencias de tales actividades.

Bajo condiciones de certeza, la habilidad cognitiva que caracteriza al individuo racional, es perfectamente representada y resuelta por el álgebra y análisis matemático tradicional. Los aportes a las teorías de la programación matemática -optimización- recogen las

características de la certidumbre plena, mediante relaciones de correspondencias matemáticas o, en el mejor de los casos, funciones. La lógica deductiva e inductiva permite la resolución determinística de fenómenos en los que se requiere la rigurosidad formal y la determinación de soluciones concretas para la toma de decisiones.

Sin embargo, la realidad cotidiana presenta características muy distintas a las mencionadas. El contexto organizacional es complejo, cambiante y caótico (Etkin, 2011). Silva Marzetti Dall'Aste Brandolini y Roberto Scazzieri (2011) afirman que el razonamiento es el campo más importante de la capacidad cognitiva humana. En situaciones donde el ser humano en tanto agente cognitivo, está limitado de su libertad para establecer la configuración de posibles eventos, los autores consideran que el contexto presenta baja incertidumbre. En esos casos, la racionalidad se limita, pero es posible utilizar herramientas teóricas matemáticas y estadísticas para inferir el comportamiento del sistema. Sin embargo, cuando se carece completamente de la posibilidad de evaluar la configuración de posibles eventos, el contexto presenta alta incertidumbre. Es decir, el agente cognitivo está completamente irrestricto respecto a la realidad que lo rodea y, ante la inexistencia de objetividades que delimiten la racionalidad, se encuentra inmerso en un profundo desconocimiento. Ambos conceptos son construcciones sociales y no están delimitados fácticamente. De esta manera, solo es posible asistir a su razonabilidad y al uso de la absoluta subjetividad para la configuración de posibles eventos y la decisión contingente asociada (García y Pérez, 2001).

De este análisis se sigue que las situaciones que se presentan con ausencia parcial o total de incertidumbre, requieren del razonamiento inductivo o deductivo para completar una idea de realidad y formar una decisión contingente. Es decir que necesitan una mezcla de habilidades de inferencia y de representatividad de la realidad compleja (Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011). Por este motivo, el razonamiento que adopte el experto o agente cognitivo dará lugar a una discusión plausible. Será un razonamiento defendido por el agente, pero que genere controversias entre los miembros de esa organización o comunidad afín. La idea de razonamiento plausible está asociada a la legitimidad que presenta una discusión en un colectivo social y la vaguedad en que se presenta la realidad ya que, de existir certeza plena, la plausibilidad se reduce a una discusión de lógica proposicional matemática y consistencia interna de cualquier modelo económico o financiero.

El marco teórico expuesto y la problemática presentada hacen posible avanzar hacia un análisis crítico de las medidas y modelos estadísticos asociados al razonamiento plausible, en contextos de alta incertidumbre. Como se verá en la próxima subsección, los conceptos de incertidumbre fundamental e ignorancia estructural están estrechamente ligados a la formulación de modelos de inferencia asociados a métricas del riesgo (Gilboa y Schmeidler, 2001). Se examina ahora la relación entre incertidumbre y riesgo y cómo se piensa social y epistemológicamente el concepto de creencias y el uso de la teoría de la probabilidad en la medición de riesgos.

2.1.2. Medición matemática de la incertidumbre

A partir del análisis presentado, es posible abordar el campo de estudio del fenómeno incertidumbre desde varias perspectivas. Por un lado, las relaciones entre individuos racionales que deben tomar decisiones y el contexto impreciso. Dichas decisiones pueden darse en tiempo presente y proyectarse hacia el futuro. En ambos casos –en presente o a futuro- la presencia de incertidumbre se traduce en falta de información –asimetría- o en la percepción errónea de la misma (Dana y Riedel, 2013), situación que conlleva, como se expuso anteriormente, a déficits en el uso efectivo de reglas y habilidades cognitivas, y que afecta la racionalidad del agente que toma decisiones y planes contingentes.

Otro punto de vista posible para abordar esta temática es que a partir del desconocimiento que experimenta el agente cognitivo acerca del entorno que lo rodea, se plantea la necesidad de identificar los posibles eventos que puedan ocurrir. Este espacio de eventos configura una construcción ideal y la posibilidad de que ocurra cada suceso está comprendida en la teoría de la probabilidad (Halpern, 2003). Más aún, comprender este fenómeno permite a la literatura diferenciar al menos tres categorías de incertidumbre. La primera -incertidumbre objetiva- (García y Pérez, 2001) se caracteriza por la falta de certeza del conocimiento. Los mismos autores (Pablo S. García y Rodolfo H. Pérez) identifican una segunda categoría conocida como incertidumbre subjetiva, en la que la vaguedad del conocimiento es un estado psicológico del agente cognitivo. La tercera es la incertidumbre cualitativa y corresponde a lo incierto como cualidad y por lo tanto, no se trata de algo fijo ni tampoco se puede asegurar que suceda (García y Pérez, 2001:35). Los autores consideran que las primeras dos categorías o significados, corresponden a

una incertidumbre epistémica, mientras que la última, incertidumbre cualitativa, refiere a la naturaleza del mundo y se considera ontológica.

Por su parte, Itzhak Gilboa y David Schmeidler (2001) analizan individuos hacedores de política inmersos en contextos inciertos. Identifican al respecto dos paradigmas como teorías de la decisión: uno basado en estadística y probabilidad y otro en deducciones basadas en reglas de inferencia:

There are two main paradigms for formal modeling of human reasoning, which have also been applied to decision making under uncertainty. One involves probabilistic and statistical reasoning. In particular, the Bayesian model coupled with expected utility maximization is the most prominent paradigm for formal models of decision making under uncertainty. The other employs rule-based deductive systems. Each of these paradigms provides a conceptual framework and a set of guidelines for constructing specific models for a wide range of decision problems. (Gilboa y Schmeidler, 2001:9)

Los autores presentan una perspectiva elegante respecto al corpus teórico ya que consideran al riesgo como una primera aproximación a la medición probabilística de la incertidumbre. Es decir, el riesgo consiste en medir el impacto de un evento y por lo tanto, la incertidumbre es la ausencia de medida de riesgo, ya sea porque no hay forma de medirlo o porque no se dispone de los datos necesarios. En ciertos casos, el espacio de posibles eventos no se presenta claramente identificado y por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia es impracticable. En igual sentido, ciertos eventos poseen dependencia probabilística con la ocurrencia de otros, en cuyo caso la probabilidad es condicionada. Parte de estas cuestiones se abordaron en el capítulo anterior con los aportes de la inferencia bayesiana. Gilboa y Schmeidler (2001) consideran que una primera aproximación al uso formal de modelos probabilísticos es la clásica teoría de la utilidad esperada, cuyos primeros trabajos fueron publicados en la década de 1930. En aquel paradigma se reduce la realidad a un conjunto de estados de naturaleza, donde la exhaustividad y ley de cierre hacen posible la asignación de probabilidades:

On a more conceptual level, in expected utility theory the set of states is assumed to be an exhaustive list of all possible scenarios. Each state 'resolves all uncertainty', and, in particular, attaches a result to each available act.

(...) new information is modeled as an event (a subset of states) that has obtained. The model is restricted to this event and the probability is updated according to Bayes' rule. (Gilboa y Schmeidler, 2001:51).

De esta manera, el concepto de riesgo se asocia al de incertidumbre mediante la formalización matemática de la probabilidad de ocurrencia de un evento dentro de un conjunto de posibles eventos -factibilidad-. Tal formalización es comúnmente Bayesiana, ya que el agente forma una idea *a priori* de la posibilidad de que ocurra un determinado evento.

En las primeras décadas del siglo XX, Frank Hyneman Knight (1921), un prestigioso economista norteamericano, publica *Risk, uncertainty and profit*, libro que aborda la relación incertidumbre-riesgo de manera muy elegante y suficiente:

The facts of life in this regard are in a superficial sense obtrusively obvious and are a matter of common observation. It is a world of change in which we live, and a world of uncertainty. We live only by knowing something about the future; while the problems of life, or of conduct at least, arise from the fact that we know so little. (...) The essence of the situation is action according to opinion, of greater or less foundation and value, neither entire ignorance nor complete and perfect information, but partial knowledge. (Knight, 1921:199)

Partiendo de aquella concepción teórica, el autor contribuye al estudio ontológico de la incertidumbre con una categorización taxativa. Desde una visión económica, examina minuciosamente la dicotomía entre incertidumbre y riesgo. Asimismo, caracteriza a la probabilidad como la relación entre casos favorables sobre casos posibles. De esta manera, el trabajo afirma que cuestionar la probabilidad de ocurrencia de la cara de un dado perfecto, es un absurdo. Advierte entonces que resulta una concepción teórica la aproximación asintóticamente del valor a un sexto, independientemente de repetir el evento cientos de miles de veces. Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia de un incendio -como ejemplo de aplicación de algún seguro patrimonial- resulta muy difícil de estimar matemáticamente mediante inferencia clásica (Knight, 1921:214-215). Por este motivo, el autor considera que la inferencia bayesiana, es la estimación de riesgos más usual vinculada a negocios: *“The import of this distinction for present purposes is that the first, mathematical or a priori, type of probability is practically never*

met with in business, while the second is extremely common.” (Knight, 1921:215). La presente tesis adhiere a esta posición y la refuerza con las creencias y experiencia de los expertos, como se argumenta más adelante.

En función de marco planteado, Frank Knight (1921) examina las estructuras y métodos asociados a la gestión de la incertidumbre. Al respecto, es en primer lugar taxativo acerca de que el riesgo está asociado con pérdidas, mientras que la incertidumbre refiere a ganancias³⁰. Sin embargo, el autor reconoce que en realidad es más adecuado hablar de probabilidad objetiva, para riesgo y probabilidad subjetiva, para incertidumbre. De allí que el riesgo, afirma, se presenta como una medición de la incertidumbre. Knight (1921) diferenciados categorías conceptuales: riesgo e incertidumbre.

The practical difference between the two categories, risk and uncertainty, is that in the former the distribution of the outcome in a group of instances is known (either through calculation a priori or from statistics of past experience), while in the case of uncertainty this is not true, the reason being in general that it is impossible to form a group of instances, because the situation dealt with is in a high degree unique. The best example of uncertainty is in connection with the exercise of judgment or the formation of those opinions as to the future course of events, which opinions (and not scientific knowledge) actually guide most of our conduct. (Knight, 1921:233)

A partir de estos conceptos es posible identificar una tercera categoría propuesta por Itzhak Gilboa y David Schmeidler (2001), quienes acuerdan con Knight (1921) respecto a que riesgo corresponde a las situaciones donde las probabilidades son dadas o posibles de calcular. En cambio, la incertidumbre remite a situaciones donde los estados posibles están definidos naturalmente³¹, pero las probabilidades no. Por este motivo, identifican esta tercera categoría, ignorancia estructural, que corresponde a situaciones donde los estados no estén naturalmente dados, o no pueden ser construidos por el agente decisor. Silva Marzetti Dall'Aste Brandolini y Roberto Scazzieri (2011) retoman estos aportes y

³⁰ “(...) *we speak of the ‘risk’ of a loss, the ‘uncertainty’ of a gain*” (Knight, 1921:233).

³¹ Itzhak Gilboa y David Schmeidler (2001) utilizan un ejemplo muy atinado (ex. 2.1., página 38) conocido como *Savage’s famous omelet problem*, donde un cocinero tiene en un recipiente el contenido de cuatro huevos frescos. Tiene que introducir uno más y para ello decidir si colocarlo directamente o ponerlo previamente en un recipiente separado, para chequear si está fresco o podrido. Si el huevo está podrido y lo coloca directamente en el recipiente con los demás, arruina todo. Si está fresco, obviamente no. Ahora bien, si está fresco utilizar otro recipiente implica lavarlo luego y eso es ineficiente. En esta situación prima la incertidumbre, pero claramente hay dos estados únicamente: huevo fresco o huevo podrido.

relacionan esta última categoría con la incertidumbre keynesiana en la que la racionalidad depende del contexto y la situación particular. A partir de esta idea de John Maynard Keynes surge la noción de incertidumbre fundamental. Ésta se presenta en situaciones en que las reglas clásicas de inferencia inductiva pueden ser sustituidas por una estrategia donde los argumentos inductivos están asociados con la identificación de regularidades empíricas. Tales regularidades pueden ser procesos estocásticos en conjuntos relativamente independientes de objetos o agentes. Surge así, la idea de agentes representativos (Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011:6-7).

Dentro de la extensa bibliografía acerca de teorías de la incertidumbre y riesgo, el trabajo Joseph Halpern (2003) presenta un análisis clave respecto al problema de la representación. En su trabajo, cuestiona la teoría de la probabilidad, argumentando que la asignación de probabilidades requiere que un evento sea repetido infinitas veces en idénticas condiciones, para poder ver la ocurrencia de un fenómeno y construir el ratio de favorables sobre posibles. También realiza dos críticas fundamentales: señala que no siempre es posible asignar un número -porque no se puede realizar un experimento, por ejemplo- y agrega que el solo hecho de que la probabilidad es representada por un valor numérico, hace que dos eventos cualesquiera sean comparables. Es decir, uno puede tener más probabilidad que el otro o ser equiprobables, aun cuando refieran a hechos absolutamente dispares.

De acuerdo a esta posición, Joseph Halpern (2003) desarrolla algunas alternativas para la representación de la incertidumbre. Lo primero a destacar es el concepto de creencias, que se desprende de la imposibilidad de hallar un valor objetivo, es decir, una probabilidad. Para el autor, la configuración del espacio muestral es una medición cualitativa de la incertidumbre (Halpern, 2003:12) y los elementos de dicho conjunto de posibles realizaciones de la variable en cuestión, pueden no ser triviales. El agente debe considerar un conjunto posible de acuerdo a su idea y juicio. Por ejemplo, el arrojar una moneda tiene dos estados posibles: cara o ceca. Ahora bien, dependiendo dónde y cómo se arroje la moneda y de cómo sea ésta, quizá exista alguna posibilidad de que caiga de canto y por lo tanto que se deban considerar tres estados posibles³². Al mismo tiempo, depende de la cantidad de veces que se arroje. ¿Cuántas veces es suficiente para

³² A los fines de esta tesis, se consideran espacios probabilísticos con estados finitos. Considerar infinitas posibles realizaciones de una variable implica adicionar una problemática mayor a la que se desea mostrar.

determinar la equiprobabilidad de cara o ceca? Si se arroja una cantidad de veces muy grande y ésta es impar, entonces no se registrará la misma cantidad de cada resultado.

Al respecto, Joseph Halpern (2003) comienza su descripción de las medidas de probabilidad diciendo:

Suppose that the agent's uncertainty is represented by the set $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ of possible worlds. A probability measure assigns to each of the worlds in W a number — a probability— that can be thought of as describing the likelihood of that world being the actual world. (Halpern, 2003:14)

El conjunto W como tal, posee sub-conjuntos. Por simplicidad es posible considerar que el conjunto de todos los sub-conjuntos de W , para los cuales fue asignada una probabilidad, cumple ley de cierre. Un espacio probabilístico³³ asociado a un experimento es una terna ordenada del tipo (W, \mathcal{F}, P) . La primera componente - W - es el espacio muestral o de estado y posee las propiedades de espacio y sub-espacios necesarias para el experimento. Luego, \mathcal{F} denota una estructura de información para el espacio mencionado. Es una colección de eventos que se cumplen con certeza y se conoce como sigma-álgebra (σ -álgebra). Finalmente, P indica una medida real en \mathcal{F} que, a los fines de cuantificar la probabilidad de ocurrencia de un evento incierto, puede adoptar valores en el intervalo $[0,1]$.

El mencionado autor expone algunas definiciones de interés para el espacio probabilístico (W, \mathcal{F}, P) y teniendo en cuenta que \mathcal{F} es el σ -álgebra sobre W y que $P: \mathcal{F} \rightarrow [0,1]$ satisface las siguientes dos propiedades (Halpern, 2003:15):

- (i) $P(W) = 1$.
- (ii) $P(U \cup V) = P(U) + P(V)$ si U y V son elementos disjuntos de \mathcal{F} .

Asimismo, es posible probar que $P(\emptyset) = 0$. Dado que \emptyset y W son disjuntos en \mathcal{F} , entonces:

$$P(W \cup \emptyset) = P(W) + P(\emptyset) = 1 + P(\emptyset) \tag{2.1}$$

Cómo $P(W) = P(W \cup \emptyset)$, entonces $P(\emptyset) = 0$.

³³ En ciencias matemáticas, teoría de la medida es una rama muy importante en lo que respecta a aplicaciones estadísticas como las que se encuentran en esta tesis. Resultan interesantes los aportes de Sheldon Lin (2006).

También es posible, a partir de la segunda propiedad, definir la propiedad de aditividad finita. Sean U_1, \dots, U_k elementos pertenecientes a \mathcal{F} y disjuntos dos-a-dos, entonces:

$$P(U_1 \cup U_2 \cup \dots \cup U_k) = P(U_1) + \dots + P(U_k) \quad (2.2)$$

En este caso, si W es finito y \mathcal{F} contiene todos³⁴ los subconjuntos de W , entonces $P: W \rightarrow [0,1]$ tal que $\sum_{w \in W} P(w) = 1$. Esta definición es muy importante para introducir la idea de creencias (Halpern, 2003:16-17).

De lo expuesto hasta aquí sigue que se considera creencia a aquella asignación que se hace a una determinada situación, cuando resulta muy difícil otorgar un valor objetivo a la ocurrencia de un evento. Por ello se recurre a una idea más subjetiva, que se asocia a los aportes de la microeconomía respecto a la teoría del consumidor y de la utilidad. Si la satisfacción que le brinda a un agente el consumo de una canasta de bienes es representable por unidades útiles, entonces es posible encontrar una función o correspondencia matemática, que condense sus criterios de selección entre diversas canastas. Es esta una expresión de la teoría cardinal de la utilidad (Varian, Rabasco y Toharia, 2001). Sin embargo, cuando no es posible asignar valor numérico a la satisfacción por el consumo de dichas canastas, sólo es posible ordenarlas subjetivamente -teoría ordinal- y en este caso, se aplica la teoría asociada a las creencias:

A natural assumption, called the principle of indifference, is that all elementary outcomes are equally likely. Intuitively, in the absence of any other information, there is no reason to consider one more likely than another. Applying the principle of indifference, if there are n elementary outcomes, the probability of each one is $1/n$; the probability of a set of k outcomes is k/n . (Halpern, 2003:17)

El principio de indiferencia resulta particularmente útil para solucionar el problema de la equiprobabilidad de sucesos. Sin embargo, tampoco es sencillo de utilizar en todas las situaciones donde se requiera una teoría distinta a la que propone la probabilidad clásica. Al respecto, el autor ofrece ejemplos en los que la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno -como incendio o catástrofe de una planta nuclear- resulta inverosímil de

³⁴ En números reales (\mathbb{R}) un espacio de Borel tiene esa representación (Lin, 2006:13). En finanzas este concepto de la cantidad de información que contiene el σ -álgebra es fundamental.

calcular por simple probabilidad o por frecuencia relativa simple. Es allí donde cobra sentido el uso de creencias.

En particular, Joseph Halpern (2003) argumenta que, si bien un sistema de creencias contiene información cualitativa es posible formalizarlo mediante una función de creencias. En este sentido, la literatura propone dos maneras –ambas relevantes para esta investigación- relacionadas con la medición de un sistema de creencias. Por un lado se encuentra el desarrollo de Arthur Dempster y Glenn Shafer, basado en funciones soporte o de creencias (Halpern, 2003:32). Por otro, los aportes a la Teoría General de la Incertidumbre (GTU, *Generalized theory of uncertainty*) desarrollada por Lofti Zadeh (2006). Respecto de la primera, los autores señalan que para comprender el soporte teórico es necesario definir algunos conceptos iniciales en relación a lo que se trabajó a lo largo de este capítulo. Nuevamente, sea W un conjunto de posibles eventos. Asimismo, sea $U \subseteq W$. Las creencias en U , representadas por la función $Bel(U)$, es un número en el intervalo $[0,1]$. Independientemente del σ -álgebra sobre W , la función $Bel(\cdot)$ debe satisfacer las siguientes condiciones (Halpern, 2003:32):

- (i) $Bel(\emptyset) = 0$
- (ii) $Bel(W) = 1$
- (iii) $Bel(\cup_{i=1}^n U_i) \geq \sum_{i=1}^n \sum_{\{I \subseteq \{1, \dots, n\}; |I|=i\}} (-1)^{i+1} Bel(\cap_{j \in I} U_j)$ para $n = 1, 2, 3, \dots$

Las propiedades (i) y (ii) son simplemente los límites inferior y superior de la función de probabilidad. Respecto de la propiedad (iii) surge una regla relacionada con teoría de conjuntos: la regla de la inclusión-exclusión en probabilidades, que describe cómo realizar el cálculo de la unión de conjuntos, no necesariamente disjuntos. Siguiendo a Halpern, para dos conjuntos U y V , la unión puede ser expresada como la unión de tres conjuntos disjuntos:

$$(U \cup V) = (U - V) \cup (V - U) \cup (U \cap V) \quad (2.3)$$

Entonces, tomado la probabilidad en (3.3.):

$$P(U \cup V) = P(U - V) + P(V - U) + P(U \cap V) \quad (2.4)$$

Asimismo, de la fórmula (3.4.), U y V , expresadas en términos de uniones son:

$$U = (U - V) + (U \cap V) \quad ; \quad V = (V - U) + (U \cap V) \quad (2.5)$$

Entonces, mediante un simple ejercicio algebraico se obtiene la siguiente expresión (Halpern, 2003:29):

$$P(U \cup V) = P(U) + P(V) - P(U \cap V) \quad (2.6)$$

Generalizando (3.6), la regla de inclusión-exclusión para n conjuntos U , se obtiene la siguiente expresión:

$$P(\cup_{i=1}^n U_i) = \sum_{i=1}^n \sum_{\{I \subseteq \{1, \dots, n\}: |I|=i\}} (-1)^{i+1} P(\cap_{j \in I} U_j) \quad (2.7)$$

Esta última resulta ser la propiedad (iii), dónde la función de medida de ese espacio probabilístico deja de ser P para ser la función de creencias $Bel(\cdot)$. Para obtener solución interior en términos de la función de creencias, se reemplaza la igualdad por la desigualdad (\geq).

Para avanzar hacia la implementación de la Teoría de Dempster-Shafer basada en creencias, es necesario introducir un concepto adicional: la función de masa (*mass function*) que es una versión teórica de la frecuencia relativa de las observaciones de una variable aleatoria discreta. A los fines del marco teórico presentado hasta aquí, la definición de una función de masa de probabilidad garantiza el soporte de la función de creencias $Bel(\cdot)$. Sea un conjunto W , una función de masa de probabilidad de la forma $m: 2^W \rightarrow [0,1]$ satisface las siguientes dos propiedades (Halpern, 2003:35):

- (i) $m(\emptyset) = 0$
- (ii) $\sum_{U \subseteq W} m(U) = 1$

Como resulta una asignación de probabilidades, solo alcanza con esas dos propiedades sobre el subconjunto U para definir todos los estados posibles. A partir de la función m es posible identificar una función de creencias basada en dicha función³⁵: $Bel_m(U)$: “Intuitively, $Bel_m(U)$ is the sum of the probabilities of the evidence or observations that guarantee that the actual world is in U .” (Halpern, 2003:35). En espacios de tipo 2^W con una medida P , como se dijo, es una función de creencia. Ahora bien, puede ser caracterizada como una función de masa, y de esta manera, ver la asignación en conjuntos

³⁵ Es posible probar que dada una función de creencias en W existe una única función de masa m tal que $Bel = Bel_m$. Queda fuera de la presente investigación dicho análisis.

unitarios de la probabilidad. La función de masa m_P es una correspondencia positiva³⁶ que genera conjuntos unitarios para todo el espacio: $m_P(w) = P(w) \quad \forall w \in W$. Por todo esto, m es de hecho una función de medida en \mathcal{F} .

Un aspecto interesante que trabaja en detalle Joseph Halpern (2003) es la construcción de una función de masa a partir de dos o más funciones de la misma. Este aspecto se estudia en el capítulo 3 de esta tesis, mediante convolución de distribuciones empíricas para dos activos riesgosos. Sean Bel_1 y Bel_2 dos funciones de creencias para un conjunto W y sean m_1 y m_2 sus respectivas funciones de masa, la Regla de Combinación de Dempster construye una nueva función de masa a partir de la suma directa interna³⁷ de m_1 y m_2 . Esto es $m_1 \oplus m_2$, tal que al menos dos subconjuntos U_1 y U_2 cumplan con no ser disjuntos ($U_1 \cap U_2 \neq \emptyset$) y $m(U_1) m(U_2) > 0$. Para conjuntos disjuntos esto no existe, ya que para eventos independientes, la probabilidad de que se observen en simultáneo dos características es el producto de cada probabilidad puntual. Si los conjuntos son disjuntos, este cálculo resulta imposible de realizar (Halpern, 2003:37).

Otra alternativa que permite asignar números a conjuntos de observaciones, proviene de los aportes de la teoría de lógica difusa o borrosa (*Fuzzy Logic*) desarrollada por Lofti Zadeh, a mediados de 1960. En 2006 éste expone su GTU (Zadeh, 2006) en el que formaliza aquello en lo que venía trabajando diez años antes, acerca de la relación entre probabilidad y posibilidad. Las medidas de posibilidad se conjugan con las de probabilidad en contextos inciertos:

The principal thesis of GTU is that there are many different kinds of uncertainty. Principally, there are two kinds: probabilistic uncertainty and possibilistic uncertainty. In addition, there are various combinations of these uncertainties, principally probabilistic/possibilistic uncertainty and possibilistic/probabilistic uncertainty. In relation to probabilistic/possibilistic uncertainty, a case in point is the Dempster–Shafer theory of evidence. Basically, the Dempster–Shafer theory is a theory of random sets. A random set is a probability distribution of possibility distributions.
(Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011:104)

³⁶ El hecho de considerar una correspondencia matemática, en lugar de una función, responde a que se presenta como relaciones de elementos entre conjuntos. Luego, una función es un tipo de correspondencia.

³⁷ Matemáticamente, es un sub-espacio generado por U_1 y U_2 .

Tal como puntualiza Joseph Halpern (2003:40), una medida de posibilidad $Poss$ asocia un número en el intervalo $[0,1]$ para cada subconjunto de W y satisface tres propiedades:

- (i) $Poss(\emptyset) = 0$
- (ii) $Poss(W) = 1$
- (iii) $Poss(U \cup V) = \max(Poss(U), Poss(V))$

La propiedad (iii) en particular se cumple, si ambos conjuntos son disjuntos. De esta manera, la principal diferencia entre probabilidad y posibilidad es que los conjuntos son disjuntos, la posibilidad de la unión de U y V es el máximo entre las posibilidades puntuales, mientras que, en términos de probabilidad $P(U \cup V) = P(U) + P(V)$.

Basado en este marco teórico, Lofti Zadeh (1965, 2006) desarrolla el concepto de incertidumbre posibilística, diferenciándolo de aquella probabilística. El factor fundamental que distingue ambos conceptos es el lenguaje como medio para codificar el contexto organizacional incierto. La lingüística, en particular el uso de predicados vagos, permite que los agentes o *stakeholders* de una organización codifiquen y rotulen a las variables que consideran inciertas y, de esta manera, co-construyan una idea de riesgo. Evidentemente, estos conceptos son altamente subjetivos. Zadeh enfatiza que cuando la información se expresa en un “lenguaje natural”, la teoría de probabilidades tradicional no aborda adecuadamente la incertidumbre:

(...) it is emphasized that, since standard probability theory is based on the belief that information is statistical in nature, when information is expressed in a ‘natural language’, considered as propositions or a system of propositions, uncertainty cannot be dealt with by standard theory. (Marzetti Dall'Aste Brandolini y Scazzieri, 2011:10).

Es fácil de ver que, en la medida que los sistemas de medición de la incertidumbre se basen en funciones de creencias o teoría de la posibilidad, el juicio, valoración u opinión de expertos direcciona la gestión empresarial. El proceso decisorio, como desarrolla esta tesis, tendrá en cuenta el instrumental matemático de los modelos estadísticos de descripción y pronósticos, pero la gestión está fuertemente influenciada por la opinión de expertos.

A continuación, se desarrollada el enfoque matemático tradicional para la gestión y control de riesgos bancarios, en particular, del riesgo de mercado.

2.1.3. Evolución histórica de la medición de riesgos

Para comenzar a discutir las ideas de modelos estocásticos como estrategia para el tratamiento de incertidumbre fundamental, es necesario investigar acerca de la evolución histórica de los mismos. Dentro del vasto estado del arte en esta temática, John Tabak (2011) presenta un minucioso estudio acerca de la historia de la matemática, fundamentalmente, de la probabilidad y estadística. En particular, para el marco teórico de esta investigación, es muy valioso su aporte sobre la evolución del concepto de aleatoriedad vinculada a la probabilidad -parte uno de *Probability and Statistics: the science of uncertainty*, (2011)-. Como argumenta el autor, la idea central de aleatoriedad refiere a todo aquello impredecible, es decir, a la dificultad o ausencia de posibilidad de construir teoría predictiva. En gestión en general, y de riesgos bancarios en particular, es necesario poder reducir la brecha de información certera versus incierta con teoría predictiva.

La primera idea importante es aquella basada en patrones aleatorios, entendido como aquel que no puede ser predicho y que ejemplifica con una secuencia numérica:

(...) imagine a very long sequence of numbers and imagine creating a computer program to describe the sequence. If every possible program that describes the sequence of numbers is at least as long as the sequence itself, then the sequence is random. (Tabak, 2011:3)

Las secuencias aleatorias, en el sentido expuesto, son incompresibles. Más aún, la secuencia puede tener las realizaciones ciertas, pero no su orden. Es decir, cuando se arroja un dado ordinario, se sabe que solo puede suceder algún elemento del siguiente conjunto: $D = \{1,2,3,4,5,6\}$. Si se lo arroja n veces, el orden en que ocurra cada valor es un patrón aleatorio y no es posible describirlo o comprimirlo en un conjunto más pequeño que las n observaciones. Este patrón aleatorio permite entre otras cosas, tomar decisiones. Por ejemplo, una persona puede arrojar un dado para elegir entre dos opciones de manera justa. Si sale un número par, elige una opción -comer pastas- y si sale impar elige otra opción -comer carne-. Comer pastas o carne es una decisión que el agente quiere someter a la aleatoriedad pura y para ello usa un instrumento, el dado, que produce con la misma frecuencia números pares o impares, de manera insesgada. De cualquier manera, el marco

teórico planteado por el autor tiene sentido en contextos de medición de riesgos. Si existiese ignorancia estructural, el mismo carecería de sentido. Por este motivo, es importante situar la discusión no solo en términos de la evolución del pensamiento y conocimiento, sino también en su evolución histórica y cronológica.

John Tabak (2011), describe la historia de lo aleatorio desde mucho tiempo antes de la formalización de la teoría de la probabilidad. Hay evidencias arqueológicas que datan del antiguo Egipto, dónde se hallaron objetos similares a dados y tableros de juegos parecidos al ajedrez. Claro está, sin escritura desarrollada, es muy difícil estudiar el verdadero uso y significado de dichos objetos (Tabak, 2011:6-8). Sin embargo, existen diversas pruebas, como dibujos y objetos hallados, que dan cuenta del uso de instrumentos para decidir basados en azar³⁸.

El mencionado libro menciona, dentro de la historia de los patrones aleatorios, a los juegos de azar. Si bien en el antiguo Egipto, como se mencionó, existen pruebas gráficas de escenas donde es posible interpretar juegos de azar, Tabak (2011) identifica al antecesor de dichos juegos en la región que se encuentra entre los ríos Tigris y Éufrates; con un registro escrito que data de 5.000 años, la civilización Mesopotámica es quizá la más antigua del mundo alfabetizada.

The board game, which is beautifully crafted, is about 4,500 years old. We can be sure that it is a board game —we even know the rules— because ancient references to the game have also been unearthed. This game is called the Game of 20 Squares. It is played by two people, each of whom relies on a combination of luck and a little strategy to win. (Tabak, 2011:6)

El juego de mesa que se describe arriba, si bien da cuenta del uso de dados como instrumento para que el azar decida, atribuible a la suerte, necesita de una estrategia para ser jugado. El marco teórico de los juegos de estrategia no incluye este antecedente. Si bien es necesario desarrollar cierta estrategia para ganar el juego de los 20 cuadrados, no existen pruebas que demuestren estudios del uso de estrategia con probabilidades como conocimiento científico en la civilización Mesopotámica. Los juegos de estrategia forman

³⁸ El libro de Tabak menciona al *astragalus*, un hueso del talón de mamíferos. El mismo tiene forma de cilindro achatado en el que se distinguen cuatro caras. Evidentemente, es un antecesor milenario del dado ya que, al arrojarlo azarosamente, la realización de una de sus caras identifica una alternativa.

parte de la Teoría de Juegos moderna (Myerson, 2013), cuyos orígenes datan del siglo XX.

De esta manera, se plantea una doble evolución histórica respecto de las ideas de lo aleatorio. Por un lado, el azar como aquel patrón desconocido de eventos sucesivos donde existe incertidumbre fundamental. Por el otro, la toma de decisiones contextuales a dichos eventos inciertos. En este sentido, la primera arista tiene especial vinculación con la cultura dominante mucho antes de la creación del juego de los 20 cuadrados: la Antigua Roma. En dicho imperio, los individuos eran especialmente fanáticos de las especulaciones y apuestas al destino a través de un simple razonamiento en el cual se intentaba adivinar el futuro y se apostaba por la intuición. Es decir, un juego de mesa sin tablero. Las destrezas o estrategias relacionadas con la dinámica del juego se reducen entonces a simples apuestas sobre la realización azarosa de un tiro como un dado o una moneda. Tabak (2011) menciona entre otros, al emperador Augustus (63 a.C. – 14 d.C.) como un jugador empedernido y fanático del uso de instrumentos parecidos al dado, como creadores de patrones aleatorios.





Figura 2.1.: Huesos Astragalus como dados primitivos y el Juego de los 20 cuadrados.

Fuente: Museo Británico (Trustees of the British Museum, 2017)

La segunda fuente evolutiva del concepto de aleatorio asociado a probabilidad, es la relacionada con decisiones contextuales a realizaciones azarosas. En este sentido, y vinculado con lo anterior, surge una clara idea identificada con lo divino. Esto es, la ocurrencia de cara o ceca al arrojar una moneda, puede atribuirse a leyes de la probabilidad, si el evento no está manipulado, o a la decisión de un ser todopoderoso. Es decir, que una moneda arrojada al azar caiga mostrando su cara depende de que Dios quiera. De allí que las interpretaciones de lo aleatorio o azaroso pueden ser razonadas de modo religioso. Lo que no tiene comprensión o manipulación directa por parte del hombre, resulta naturalmente relacionado con decisiones divinas: *“By using what we might call a randomizing agent the questioner had released control of the situation and turned over the decision to his or her god (...)”* (Tabak, 2011:9).

Lo cierto es que la evolución histórica de gestión de riesgos no fue una sucesión de hechos naturalmente unificados y con un sentido claramente identificado (Brammertz *et al.*, 2009). La literatura que revisa estos aspectos históricos, en general, acuerda en que la evolución fue más bien errática. Sólo hasta hace unas décadas, el análisis financiero era más o menos sinónimo de contabilidad (Brammertz *et al.*, 2009:3). Este hecho ha cambiado con el surgimiento de las finanzas modernas, cambio que se aceleró aún más por el aumento de la regulación. A partir de las tablas de arcilla cuneiforme encontradas en la Mesopotamia surgen los primeros registros relacionados con la actividad económica donde figuran transacciones, deudas, etc. Los primeros sistemas de contabilidad eran de

una sola entrada, cuyo propósito era generalmente mantener historial de transacciones y de dinero en efectivo. Cualquier inversión o incluso un préstamo tuvo que ser registrado como una “anomalía” en efectivo, dando una impresión negativa de estas actividades. Dada la falta de efectivo antes de la creación del papel moneda, la preocupación por los flujos no sorprende. Otra razón de esta obsesión por el efectivo es su tangibilidad que es, a fin de cuentas, el único hecho observable de financiación.

En el área bancaria se hizo evidente que el simple registro del efectivo no era suficiente (Brammertz *et al.*, 2009). La visión pura del flujo de efectivo hizo imposible contabilizar el valor.

The pure cash flow view made it impossible to account for value. Lending someone, for example, 1000 denars for two years led to a registration of an outflow of 1000 denars from the cash box. Against this outflow the banker had a paper at hand which reminded him of the fact that he was entitled to receive the 1000 denars back with possible periodic interest. This, however, was not recorded in the book. (Brammertz et al., 2009:3)

Se dice que los primeros banqueros solo eran capaces de sumar, restar, multiplicar y dividir y que aquellos que dominaban el cálculo del porcentaje, eran considerados genios. Las multiplicaciones y divisiones se simplificaron, como puede verse en el cálculo de intereses en el método de conteo de 30/360 días. El calendario, con sus meses irregulares, fue considerado demasiado difícil y para superarlo se declaró que cada mes tenía 30 días y un año tenía 360 días. Con el surgimiento de la financiación moderna, este estado de cosas cambió dramáticamente. “*Banks became filled with scientists, mainly physicists and engineers. Top bankers who were usually not scientists often felt like sorcerers leading apprentices (or rather being led by them), or leading an uncontrollable bunch of rocket scientists constructing some financial bomb.*” (Brammertz *et al.*, 2009:8).

El desafío básico a una metodología analítica unificada fue incorporar el contador y los enfoques financieros modernos. Si uno sólo está interesado en la valoración y en el riesgo relacionado con él el valor, como es el caso de muchos analistas cuantitativos, sólo se requieren flujos de caja neutrales al riesgo (Brammertz *et al.*, 2009:9-10). Sin embargo, las necesidades analíticas del mundo real abarcan también el estudio de la liquidez y sus riesgos asociados. Los flujos de efectivo esperados basados en las expectativas económicas no pueden ser desechados. Tampoco es posible descartar el efecto de las

variaciones de las variables macroeconómicas en las inversiones de las organizaciones bancarias.

Planteado el marco histórico general, es necesario estudiar los rasgos más relevantes de la medición y registro del riesgo de mercado. Muchos de los autores modernos y referentes de la problemática planteada, conocen la evolución histórica y han aportado su teoría con el objetivo de adaptar la gestión de riesgos al paradigma financiero moderno. En este sentido, Philippe Jorion (2011) explora desde una visión pragmática el problema e introduce un punto de vista interesante al considerar que la correcta medición de riesgos, permite una gestión inteligente de la exposición a los mismos. Ésta última consiste en una práctica cuantitativa sumada a juicios de valor de expertos en materia de finanzas. El objetivo final no es minimizar el riesgo, sino administrarlo inteligentemente, considerando que la idea central consiste en lograr más creación de valor.

Desde el punto de vista técnico, la gestión de activos y pasivos en organizaciones bancarias no solo persigue un fin comercial, sino que debe contemplar un conjunto de herramientas que permitan cuantificar posibles pérdidas contingentes. En particular, es usual que esta visión de la medida y gestión de la exposición a riesgos esté asociada con la función de densidad de probabilidad estimada a tal fin. En la bibliografía financiera tradicional, la forma que adopte la distribución de probabilidades del retorno de las inversiones como medida de rendimiento o *performance* de un banco, puede ser caracterizada de varias maneras (Sánchez y García, 2001). Sin embargo, típicamente se piensa en distribuciones gaussianas, continuas, bien comportadas. De ser así, los primeros dos momentos centrados de la distribución dan cuenta de la forma de esa campana: media -retorno promedio- y desvío estándar -volatilidad respecto de la media- En términos generales, un analista teórico espera que la distribución presente relativa simetría respecto al retorno promedio y colas no pesadas -mesocúrtica³⁹-.

En este sentido, la media indica una variable objetivo (*target*) de la inversión o rendimiento esperado del negocio, mientras que la varianza -o su raíz cuadrada, el desvío estándar- es una medida de sensibilidad o riesgo. Dicha dispersión a su vez, puede adoptar dos medidas diferenciadas: riesgo absoluto y/o riesgo relativo (Jorion, 2011:5).

³⁹ Cabe destacar un aspecto importante relacionado con la forma de la distribución como es el momento centrado de orden cuatro: coeficiente de curtosis. Una distribución de colas pesadas y datos concentrados en torno a la media se conoce como leptocúrtica. Es más apuntada, pero con colas menos anchas que la distribución normal (que es mesocúrtica).

Definiendo a $\sigma(R_c)$ como la volatilidad del rendimiento en unidades monetarias de un determinado portafolio o estructura de negocios, entonces el riesgo absoluto se define como $\sigma(\Delta C)$, siendo C el valor del mismo. Por lo tanto:

$$\sigma(\Delta C) = \sigma(\Delta C/C) \cdot C = \sigma(R_c) \cdot C \quad (2.8)$$

Esta expresión guarda alguna relación con el Valor a Riesgo del portafolio (VaR, *Value at Risk*), concepto que se desarrolla en detalle a lo largo del capítulo.

Si la organización bancaria o el inversor individual desean evaluar la eficacia de las decisiones tomadas (*performance*) deben considerar una medida de riesgo relativo. Para ello, es necesario contar con un indicador contra el cual comparar media y desvío. Este indicador se denomina *benchmark* (Jorion, 1997). Desde una óptica económica, comparar contra un índice implica contemplar un cierto costo de oportunidad, ya que si de la comparación ex – post surge que el comportamiento del portafolio fue peor que el del *benchmark*, entonces la exposición al riesgo fue demasiado alta o mal administrada. En términos de unidades monetarias el riesgo relativo se define como:

$$\sigma(R_c - R_B) \cdot C = \sigma(e) \cdot C = w \cdot C \quad (2.9)$$

Donde la cartera P se compara contra un índice B . La expresión $e = R_c - R_B$, se conoce como error de seguimiento (*tracking error*, TE), término muy usual en la literatura financiera (Hwang y Satchell, 2001) que mide la discrepancia de comportamiento entre el portafolio que se está administrando y el índice elegido. En particular, w representa la volatilidad del *tracking error* (TEV, en inglés). Tal como puntualizan Soosung Hwang y Steve Satchell (2001) existen distintas maneras de definir al TE ya que es una discrepancia entre medidas de *performance* de carteras. Resulta evidente que esta comparación puede realizarse en base a los retornos o en base a la volatilidad, como se expresó en la última fórmula. De cualquier manera y de acuerdo al trabajo de los mencionados autores, el concepto y formulación del TE permite pensar en la posibilidad de optimizar esa diferencia, minimizándola. Esto implicaría maximizar el rendimiento de acuerdo a un ideal *benchmark*.

Este desafío presenta aspectos complejos desde su marco teórico elemental. En primer lugar, la comparación es sensible a la estructura temporal de los datos de ambas carteras y esto puede generar sesgos por aproximación como por ejemplo, cuando se anualizan series en base a datos diarios y, desde luego, esto puede no ser el retorno anual real. En

este sentido, los autores mencionados exploran distintas fuentes de sesgos, en “búsqueda de errores al error de seguimiento” en Soosung Hwang y Steve Satchell (2001). Su aporte principal tiene estrecha relación con esta investigación en dos sentidos: por un lado, porque la discusión de sesgos está centrada en la naturaleza estocástica de las variables involucradas; en segundo lugar, porque la medición de eficacia en un portafolio administrado implica una medida de éxito para la gestión tanto de los recursos como de sus riesgos.

Respecto de la primera cuestión, los autores sugieren dos medidas de TE: *ex-ante* y *ex-post*. La fuente de sesgos la encuentran en la naturaleza estocástica incondicional de los ponderadores de la cartera. Resulta evidente que la ponderación es una variable aleatoria. El trabajo muestra que la volatilidad *ex-ante* de la diferencia de retornos -ecuación (2.9)- es siempre menor a la *ex-post*. Es decir, lo planeado subestima sistemáticamente a lo realizado. La idea intuitiva, que los autores trasladan a fórmulas matemáticas, es que las ponderaciones -cantidad relativa de activos riesgosos en una cartera- son variables determinísticas *ex-ante*, mientras que su comportamiento es estocástico *ex-post*. Este hecho impacta en la determinación de la eficacia de la posición y, sobre todo, en el impacto de las decisiones del manager del portafolio.

Ahora bien, las medidas adoptadas por el analista para sacar conclusiones respecto de las decisiones tomadas, en general son fáciles de adoptar. El desafío de la gestión de riesgos es encontrar la distribución de probabilidades de los retornos del negocio en el futuro. Si el futuro se comportase como el pasado, solo basta con poseer suficiente dato histórico para construir la distribución esperada futura. El problema aquí se desdobra en dos aspectos a resolver: falta de datos y evaluación retrospectiva. Respecto del primero, ¿qué sucede si la unidad de negocio es muy reciente y no se tienen datos históricos para proyectar posibles pérdidas y ganancias esperadas? En este tema, cobra relevancia la valuación financiera de proyectos innovadores (Caruana, 2008).

Respecto del segundo tema que indica que la medición de eficacia en un portafolio administrado implica una medida de éxito para la gestión tanto de los recursos como de sus riesgos, tal como se plantea en el trabajo de Philippe Jorion (2011), ¿cómo saber si una subestimación de pérdidas esperadas respecto de las realizadas, fue producto de la mala suerte o un desperfecto en el modelo utilizado o su calibración? Este autor clasifica el riesgo en tres categorías: saber que se sabe (*known knowns*), saber que no se sabe (*known unknowns*) y desconocimiento desconocido (*unknown unknowns*). El primero de

ellos, es típicamente el uso de un modelo tradicional donde se conoce y estima el valor de los riesgos apropiadamente. Cuan apropiadamente se esté ajustando el modelo, se puede medir mediante las pruebas retrospectivas (*backtest*) y se lo puede recalibrar a los fines de captar la dinámica del mercado adecuadamente. El objetivo de esta calibración es minimizar la discrepancia entre valores teóricos y observados (Christoffersen, 2012). Respecto de la segunda categoría, se introduce un concepto importante: el riesgo de modelo. El analista sabe que hay ciertos aspectos del modelo que no está considerando, o bien está midiendo inadecuadamente. Esto puede suceder por múltiples causas, muchas de las cuales pueden asociarse a falta de datos o a que el procesamiento de los mismos es altamente costoso. La medida del riesgo de modelo (Schuermann, 2013) junto con su tratamiento, puede ser evaluado por medio de las pruebas de estrés o resistencia (*stress test*). Por su parte, la tercera categoría representa un problema mayor para el *manager* ya que incluye un conjunto de eventos que están por fuera de cualquier escenario que se pueda concebir. Por un lado, se encuentran riesgos regulatorios de los cuales no existe forma de previsión y carece de sentido pensar en incorporar estas decisiones de gobierno -Estado- en modelos cuantitativos. Asimismo, riesgos de contraparte donde es necesario contar con información completa y perfecta para que el modelo ajuste teóricamente. Este conjunto de fallas, en términos económicos se conocen como asimetría de información -riesgo moral, selección adversa- y externalidades, como efectos contagio o derrame (Varian, Rabasco y Toharia, 2001). La autoridad regulatoria cobra un rol fundamental en la gestión de las mismas, ya es será capaz de producir o mitigar crisis sistémica⁴⁰ mediante la aplicación de reglas o disposiciones a tales efectos (Dana y Riedel, 2013).

En la siguiente sección, se estudia en detalle la medida más popular del riesgo de mercado: el Valor a Riesgo (VaR). En particular se analiza aquellos aspectos que hacen a la estimación del valor de pérdida esperada en un horizonte determinado a un nivel de confianza establecido. La discusión que persigue esta investigación es acerca de la consistencia lógica de la medida -aspectos matemáticos- y la importancia de la estimación para la toma de decisiones en organizaciones bancarias. Es decir, la importancia que tienen las medidas y sus propiedades, como herramientas de gestión eficiente y responsable.

⁴⁰Al principio de este capítulo se ha trabajado el marco teórico relacionado con la incertidumbre a la Knight (*Knightian uncertainty*), donde el riesgo es incommensurable.

2.2. Medición tradicional del Riesgo de Mercado: Valor a Riesgo (VaR)

Como se ha mencionado, se conoce técnicamente al riesgo de mercado como la pérdida de valor de una cartera producto de movimientos desfavorables en precios de mercados o volatilidad pronunciada. Philippe Jorion (2011) puntualiza que este tipo de riesgos incluye a riesgos de liquidez, que implican la necesidad de liquidar activos para hacer frente a obligaciones o necesidades de financiamiento de corto plazo.

El hecho de considerar que mecanismos de mercado como la volatilidad de precios o tasas, impactan en la posición tomada por un inversor significa un desafío para la medición del riesgo de mercado. En particular, es posible tomar como estrategia de medición de impactos en variaciones de precios o volatilidad de los tipos de interés afectados a las inversiones, una visión ad-hoc que considere el impacto puntual de cambios marginales. Esta visión acotada a la estructura de la inversión, no da cuenta de la potencial pérdida del conjunto de las inversiones. Es decir, el analista puede hacer un cálculo rápido de cuanto pierde en una posición comprada en bonos si se altera el precio en mercados secundarios, o si el cupón está atado a una tasa variable, y se presentan cambios en la misma. Este ejemplo esquematiza el típico instrumento *ad-hoc* para valuar pérdidas, considerando uni-factorialmente efectos de variaciones en alguna variable relevante de la posición. Más aún, podría realizarse un cálculo más sofisticado, usando la *duration* modificada⁴¹ de la cartera y de esta manera sensibilizar el análisis. Ahora bien, hay muchos detalles que este esquema simplificado pasa por alto. Entre ellos, y quizá el más importante señalado por Philippe Jorion (2011) sea el hecho de que, al no considerar las distintas aristas del riesgo de mercado, los riesgos parciales presentan los siguientes interrogantes: ¿pueden ser sumados? ¿Existe algún grado de correlación? ¿Covarían? Algunas de estas preguntas pueden ser abordadas desde una óptica más general, analizando pérdidas potenciales con un cierto nivel de confianza mediante la teoría de VaR. “*VAR is the maximum loss over a target horizon such that there is a low, prespecified probability that the actual loss will be larger.*” (Jorion, 2011:289).

En particular, el mencionado autor muestra que el VaR puede ser estimado mediante tres métodos: simulación histórica, paramétrica y Monte Carlo. Respecto de la primera, el objetivo es simular los rendimientos de una determina posición a partir del valor actual

⁴¹ Para mayores detalles de medidas de riesgos asociadas a instrumentos de renta fija, como duración y convexidad ver Aswath Damodaran (2015)

expresado en una moneda determinada. Por ejemplo, una posición corta en pesos argentinos y se quiere saber el riesgo respecto de la variación del tipo de cambio contra el dólar estadounidense. Si se expresa la posición en $t = 0$ en dólares como Q_0 y al ratio tipo de cambio entre pesos argentinos y dólares estadounidenses como S_t para un determinado día, entonces:

$$R_t = Q_0[S_t - S_{t-1}]/S_{t-1} \quad (2.10)$$

Representa el rendimiento simulado de la posición en dólares para un día determinado. Al tomar una muestra lo suficientemente grande, se puede armar una base histórica simulada a partir del valor de la cartera hoy y con las ratios spot de dos días consecutivos, como se describe en la mencionada fórmula. Se utiliza información histórica reciente y se construye una distribución de frecuencias de rendimientos diarios. Con un nivel de confianza de $c = 95\%$ se tiene que el VaR en términos de la cola izquierda de la distribución se calcula a partir de $p = 1 - c$. Entonces, es posible definir a x como resultado en dólares, el VaR normalmente se expresa en forma positiva, ya sea para pérdidas o ganancias, y queda definido implícitamente como (Jorion, 2011:290):

$$\int_{-VaR}^{\infty} f(x)dx \quad (2.11)$$

Al tener definido el nivel de confianza y ordenadas por frecuencias las pérdidas, de mayor a menor, se puede obtener el umbral (*cut-off*) de acuerdo a la cantidad de observaciones. Éste representa el VaR al 95%, lo que se entiende como la máxima pérdida esperada a ese nivel de confianza.

El segundo método, comprende la técnica de valuación basada en un modelo paramétrico. Lo primero a destacar es que se asume que los retornos se distribuyen normalmente. La medida de dispersión es el parámetro usualmente conocido como desvío estándar (SD). Philippe Jorion (2011) utiliza un estimador insesgado para el caso. De esta manera, es posible construir el VaR asociado al nivel de confianza c de la siguiente manera:

$$VaR = \alpha(c) \sigma W \quad (2.12)$$

Siendo $\alpha(c)$ la acumulada de la distribución que se supone que tenga la variable asociada al proceso de retorno de una determinada posición. Luego, σ es la volatilidad de la tasa de retorno y W es el capital inicial en valores homogéneos corrientes. Desde luego, la expresión $SD = \sigma W$. Este esquema es conocido como paramétrico porque utiliza una

aproximación mediante los parámetros de una distribución. Es importante destacar que en la medida que se cuestione la distribución que sigue el proceso, este enfoque debe reconsiderarse.

Finalmente, el método de simulación de Monte Carlo implica generar el muestreo mediante un proceso aleatorio. Nuevamente se asume una determinada distribución y deben generarse muestreos para encontrar retornos del portafolio. Más adelante se profundiza en esta técnica mediante los aportes de Joel Bessis (2011).

Es necesario señalar que, como se ha mencionado en el concepto de *tracking error*, la medida *ex-ante* y *ex-post* respecto de ocurrido un hecho desfavorable, merece especial atención para cualquier método que se aplique. El VaR, en general, implica una previsión de la pérdida esperada, por lo que la estimación es típicamente *ex-ante*. En contraposición, existen mecanismos de detención temprana de pérdidas (*stop loss*) que son *ex-post* y permiten morigerar efectos negativos de pérdidas de valor. Una forma de incorporar este concepto en modelos de valuación de inversiones es mediante el uso de opciones de barrera (Baxter y Rennie, 1996; Hull, 2009).

El VaR puede sobre o subestimar el verdadero riesgo, es decir el monto de la pérdida esperada. Philippe Jorion (2011) indica que el proceso de confección de un sistema de medición y gestión de riesgos debe contener tres pasos: elegir la posición en la cartera, construir la distribución de los factores de riesgo y construir la distribución de los retornos de la cartera. Para el primer paso, es necesario adoptar una posición o confeccionar una cartera. Luego, mapear la posición para identificar factores de riesgo: plazos, monedas, precios y volatilidad de los instrumentos, etc. El segundo paso, consiste en identificar los factores de riesgo y construir su distribución mediante algún modelo estadístico. Una estrategia usual es la de utilizar información histórica del comportamiento de las variables de interés de los instrumentos involucrados en la mencionada cartera. La cantidad de factores de riesgo y la dificultad para estimar su distribución depende de las posiciones adoptadas en la cartera. Es posible que para carteras de renta fija exclusivamente, sea sencillo de realizar a partir de las variables intrínsecas de un bono cualquiera. Lo mismo sucederá con carteras puras de renta variable. Ahora bien, para portafolios combinados o muy apalancados, la estimación puede ser muy compleja. De cualquier modo, es interesante destacar que las variables que están involucradas y su estudio, atañen a la dinámica del mercado en general, por lo que dan cuenta de su evolución y son importantes para la formación de expectativas tanto favorables como desfavorables. Finalmente, el

tercer paso consiste en la estimación de la distribución del portafolio a los fines de calcular el VaR y obtener así, la máxima pérdida esperada, a un nivel de confianza, para un horizonte de tiempo definido. Se combina la información recabada en los dos pasos previos y se estima utilizando cualquier de los tres métodos usuales mencionados (Jorion, 2011:287).

Por su parte, Joel Bessis (2011) realiza un aporte importante respecto de las técnicas de estimación. El autor considera que la determinación del VaR de una cartera debe realizarse mediante seis pasos. A diferencia de Philippe Jorion (2011), el énfasis del mencionado autor se encuentra en el mapeo de cada factor de riesgo en la posición y su sensibilidad. Este último concepto es la delta de un VaR delta-normal (Bessis, 2011:477). Atendiendo a la sensibilidad e importancia del supuesto de normalidad de los retornos y linealidad, Joel Bessis (2011) expone los seis pasos para la determinación del VaR:

- i. Mapeo de las condiciones de los factores de riesgos que influyen en sus valores.
- ii. El mapeo de cada posición en los factores de riesgo permite medir la sensibilidad de la misma respecto a cada factor de riesgo. Este concepto es el delta de un delta-VaR.
- iii. Las variaciones en el valor del portafolio son una función lineal de las variaciones de cada factor de riesgo, asumiendo los deltas constantes.
- iv. La volatilidad del portafolio es la volatilidad de una función lineal de variables aleatorias. Es necesario definirla para un horizonte específico, por ejemplo, diaria.
- v. La construcción de un delta-Normal VaR se basa en que los cambios en los valores del VaR se distribuyen normalmente.
- vi. Es necesario fijar un nivel de confianza para que el delta-Normal VaR quede especificado.

El siguiente ejemplo⁴² sintetiza el procedimiento de una manera muy intuitiva: se tiene una cartera conformada por dos bonos cupón cero (*ZCB, zero coupon bond*) con la siguiente estructura:

- BONO A: Valor 1000, *Duration* 2, Volatilidad de tasa de interés 2% (anual).
- BONO B: Valor 500, *Duration* 5, Volatilidad de tasa de interés 1% (anual).

⁴² Extraído de Bessis (2011:478). Resulta simple y es la mínima expresión de una cartera de renta fija que se puede confeccionar a partir de dos instrumentos.

Al ser ZCB, se tiene un solo flujo de fondos al vencimiento (*maturity*). De esta manera, depende solo de una tasa de interés observada en la curva de rendimientos (*yield*) a esa *maturity*. Para este ejemplo, los intereses de los dos bonos ($i_A; i_B$) representan los factores de riesgos de esta posición.

El valor del portafolio es la suma lineal de ambos bonos ($B_A + B_B = 1500$) y cambios en el valor depende de la sensibilidad de los flujos de cada bono a la tasa, o sea, cada *duration* ($D_A; D_B$). Es necesario considerar que tanto los valores iniciales ($B_A; B_B$), como las *durations* son contantes. De esta manera, variaciones en el valor del portafolio (ΔP) son atribuibles a los factores de riesgo mencionados: las tasas de interés. Es decir:

$$\Delta P = -D_A B_A \Delta i_A + -D_B B_B \Delta i_B \quad (2.13)$$

Por lo tanto, dado los valores iniciales, la volatilidad del portafolio es una función lineal de las dos variables aleatorias ($\Delta i_A; \Delta i_B$), la fórmula (2.13) reemplazada es:

$$\Delta P = -2 \cdot 1000 \cdot \Delta i_A + -5 \cdot 500 \cdot \Delta i_B$$

Siguiendo con el esquema planteado, es necesario especificar que la volatilidad de la posición no depende únicamente de cambios en cada tasa de interés. Como señala la teoría de portafolio, la correlación de los instrumentos que conforman la cartera es una parte importante en la diversificación por agregación de activos riesgosos. La fórmula general para la varianza (σ^2) de la suma de dos variables aleatorias usa cada una de las volatilidades y el coeficiente de correlación (o la covarianza):

$$\sigma^2(aX + bY) = a^2 \cdot \sigma^2(X) + b^2 \cdot \sigma^2(Y) + 2 \cdot a \cdot b \cdot \rho_{XY} \cdot \sigma(X) \cdot \sigma(Y) \quad (2.14)$$

Reemplazando en (2.14) con los valores del ejemplo, es posible ver que para obtener varianza y volatilidad (desvío estándar) del portafolio, es necesario encontrar el coeficiente de correlación (ρ_{AB}):

$$\begin{aligned} \sigma^2(P) &= 2^2 \cdot 1000^2 \cdot \sigma^2(\Delta i_A) + 5^2 \cdot 500^2 \cdot \sigma^2(\Delta i_B) + \\ &+ 2 \cdot (-2) \cdot (-5) \cdot 1000 \cdot 500 \cdot \rho_{AB} \cdot \sigma(\Delta i_A) \cdot \sigma(\Delta i_B) \end{aligned}$$

Es posible utilizar como dato la volatilidad anual de la tasa de interés de cada bono. Es decir, $\sigma(\Delta i_A) = 2\%$ y $\sigma(\Delta i_B) = 1\%$. De esta manera, la volatilidad y varianza del portafolio se puede determinar numéricamente si se halla el coeficiente de correlación

entre ambos bonos. Si se asume una correlación del 30%, entonces $\sigma^2(P) = 2825$ representa la varianza del portafolio valuado en 1500, con datos anuales.

Para el ejemplo, el VaR (1%) se calcula de la siguiente manera (ecuación(2.12)):

$$VaR(1\%) = \alpha(99\%) \cdot \sigma(P) = 2,326 \cdot \sqrt{2825} = 123,63$$

Resulta evidente, que este procedimiento será tan complejo como las posiciones adoptadas en la confección del portafolio. Para una visión integral de una unidad de negocios, el mapeo de los factores de riesgos es un punto de partida fundamental y representa el mayor desafío para los analistas de riesgo. Luego, el procedimiento está fundamentado por las bondades de la distribución normal y el álgebra lineal considerados (Bessis, 2011). Si la relación que guardan los instrumentos al interior del portafolio posee dependencia no-lineal, el procedimiento es más complejo y menos estandarizado que el descripto.

2.2.1. Simulación histórica y simulación de Monte Carlo

Como Philippe Jorion en *Financial risk manager handbook plus test bank FRM (2011)*, Joel Bessis dedica parte de su trabajo, *Risk management in banking (2011)*, al muestreo o las técnicas principales para modelar los datos. Este autor menciona el hecho de que el delta-VaR posee profundas limitaciones. La principal es que se considera que la sensibilidad -delta- de cada factor de riesgo es constante. A su vez, en la medida que la dimensión de los instrumentos crece, son usuales las matrices de varianzas y covarianzas que asumen linealidad en las relaciones de riesgos. Por estos motivos, el autor menciona como alternativas la simulación histórica y la hipotética: Monte Carlo. Ambas alternativas no se estructuran asumiendo normalidad en las distribuciones, a la vez que evitan el abuso de la linealidad. En líneas generales son aplicadas a instrumentos convexos.

La simulación histórica, como señala Philippe Jorion (2011), implica la creencia de que el futuro tiene relación con el pasado. Más aún, que ciertas características muestrales se mantienen constantes para toda la ventana temporal. El delta-VaR considera constante la sensibilidad y el primer problema que surge es que es imposible revaluar los instrumentos de la cartera. Con la simulación histórica, al no asumir distribución, resulta sencillo revaluar los instrumentos, inclusive puede hacerse varias veces, tomando distintas

muestras históricas. Esto permite la construcción de escenarios. En ciertos instrumentos financieros existe valuación con una fórmula cerrada, como los *forwards* o las opciones mediante Black y Scholes, por lo que el problema se traduce simplemente a una dificultad computacional. En circunstancias donde no exista la valuación mediante una fórmula cerrada, es necesario hacer el proceso de reevaluación completa (*full revaluation methodology*) mediante alguna técnica numérica (Burden, Faires y Burden, 2016). Sometiendo el análisis al extremo teórico, Joel Bessis (2011:494) argumenta que dicha metodología puede provocar simulaciones dentro de las simulaciones, lo que se traduce en un proceso muy intensivo en cálculos a la hora de establecer múltiples escenarios para los instrumentos utilizados.

La otra técnica mencionada responde a simulaciones hipotéticas. Siguiendo a Joel Bessis (2011), la técnica de simulaciones de Monte Carlo cumple con la estructura de dependencias de los factores de riesgo. Como Philippe Jorion (2011), consideran que la técnica computacional no solo genera muestreo aleatorio y ficticio, pero verosímil, sino que sirve para la valuación de los instrumentos. Cada simulación de un conjunto de valores de los factores de riesgo es un escenario hipotético. Según Joel Bessis (2011:496) la principal debilidad de Monte Carlo es que es un procedimiento muy cálculo intensivo. Este autor propone entonces dos técnicas dentro de las simulaciones hipotéticas, que permiten atacar este problema: simulaciones en mallado (*grid simulations*) o simulación completa (*full Monte Carlo simulations*).

La simulación en mallado es una técnica que permite valorar eficientemente ciertos puntos de una malla y encontrar otros puntos mediante interpolación lineal. De esta manera se cubre la malla de posibles valores con muchas menos simulaciones. El resto de los puntos se hallan numéricamente. La técnica de simulación completa, es más intensiva en cálculos que la de mallado. El proceso comienza con la modelización del proceso estocástico de los parámetros de mercado. Es similar al histórico, pero simulando los valores futuros, incluso los valores iniciales de volatilidad y correlación. De esta manera, contiene un cierto conjunto de información histórica ya que el paso siguiente, corresponde a la generación de valores aleatorios para los factores de riesgo, que concuerden con los valores iniciales calculados. Joel Bessis (2011:497) utiliza un ejemplo de opción de compra (*call*) para ilustrar el procedimiento. En ese caso, la idea que ilustra es la opción de compra sobre una acción, de manera tal de aislar el efecto de la variación de la prima

del contrato ante variaciones en el precio del subyacente. Es decir, el efecto de la delta de la posición. Como es sabido, éste puede adoptar valores entre cero y uno.

A los fines de construir una simulación para la distribución del precio de la opción, se utiliza la fórmula de Black-Scholes (Black y Scholes, 1973) para los siguientes datos:

- Tasa libre de riesgo (R): 5% \rightarrow continua y compuesta [$r = \ln(1 + R)$]: 4,879%
- Precio *spot* de la acción (hoy): $S_0 = 100$.
- Precio de ejercicio (*strike price*): $K = 90$.
- Vencimiento en años (*maturity*): $t = 1$.
- Volatilidad del retorno del precio de la acción (anualizada): $\sigma = 30\%$.

Con estos datos el precio del *call* asciende a:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} = \frac{\ln(100/90) + (0,4879 + 0,3^2/2)1}{0,3\sqrt{1}} = 0,6638$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} = 0,6638 - 0,3\sqrt{1} = 0,3638$$

Luego, la prima de la opción de compra se calcula de la siguiente manera:

$$C = S_0 N(d_1) - K N(d_2)e^{-rt} = 100 N(0,6638) - 90 N(0,3638)e^{-0,4879} = 19,6308$$

Siendo $N(d_1)$ y $N(d_2)$ son la probabilidad acumulada de una función normal estándar (media cero, varianza uno). El precio de la acción sigue una distribución log-normal, por lo que el logaritmo natural de dicho precio sigue una distribución normal. El logaritmo del precio de la acción ($\ln(S)$) tiene las siguientes media y varianza para $t = 1$:

- Media: $\ln(S_0) + \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)t = \ln(100) + \left(0,9531 + \frac{0,3^2}{2}\right) = 4,7454$
- Varianza: $\sigma\sqrt{t} = 30\%$

Para simular valores del logaritmo del precio de la acción, lo que se hace es encontrar la inversa de la normal con la media y varianza calculados arriba. Para ello, se utiliza como valor de referencia una distribución uniforme $U(0,1)$ que toma valores aleatorios en el intervalo $[0,1]$. Es decir, los valores simulados se hallan con la siguiente fórmula:

$$\ln(S) = N^{-1}\left[\ln(S_0) + \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)t; \sigma\sqrt{t}\right] = N^{-1}[4,7454; 0,3]$$

A partir de allí, se puede calcular el precio de la acción, simplemente aplicando la exponencial al logaritmo de S . Con los datos iniciales y los distintos precios simulados del subyacente, se calculan las primas de la opción. La siguiente tabla contiene algunas salidas de este proceso:

u	$\ln(S)$	Valor Acción	Valor Opción
0,877	5,094	163,053	77,540
0,309	4,596	99,099	18,962
0,493	4,740	114,440	31,360
0,082	4,329	75,859	5,485
0,246	4,539	93,591	15,080
...

Tabla 2.1: Ejemplo de opciones financieras con simulación.
Fuente: Elaboración propia en base a Bessis (2011)

En este ejemplo se han realizado 1000 simulaciones con el objeto de realizar un histograma de frecuencias y con ello encontrar la distribución del precio del subyacente. El siguiente gráfico muestra dicha distribución:

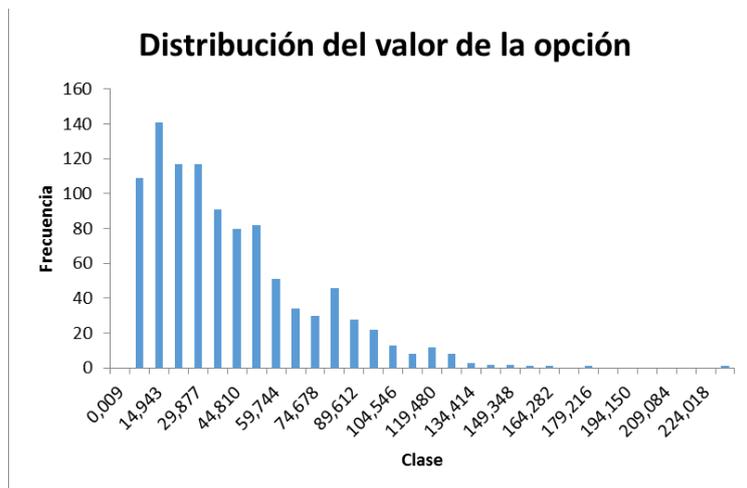


Gráfico 2.1: Ejemplo opciones financieras
Fuente: Elaboración propia en base a Bessis (2011)

Puede observarse que la forma es similar a una distribución log-normal asimétrica a derecha. Posee una cola larga y pesada a derecha; esto se debe a la propia naturaleza de la posición, ya que estar vendido en una *call* implica un riesgo muy grande si el precio

del subyacente crece mucho respecto del precio de ejercicio. Por el contrario, la prima de la opción se hace cero, en la medida que sucede lo contrario -es decir, si la opción está *out-of-the-money*-. Esta naturaleza no la capta una distribución simétrica como la normal. Por otro lado, los valores que se encuentran en los percentiles más altos son mayores a 10 veces el precio calculado. Hay observaciones en torno de los 209,08 y 224,02 en el extremo, cuando la prima calculada fue de 19,63. Estos valores son útiles a la hora de estimar el VaR de la posición. En una posición corta –vendida- descubierta, en la medida que el subyacente se valorice muy por encima del precio de ejercicio, el tenedor de la opción tiene derecho a ejercer y la pérdida puede ser muy grande. Calcular el percentil con el método de Monte Carlo puede dar una idea de la máxima pérdida probable.

Ya sea que se tenga una distribución teórica o paramétrica, o bien se construya empíricamente, el cálculo del VaR debe captar la naturaleza del riesgo de mercado de la posición. Como se ha mencionado, identificar correctamente los factores de riesgos constituye una de las primeras tareas y es la más compleja de realizar. Si se identifican mal o se pasa por alto la incidencia de alguna variable de riesgo, el resultado de los cálculos va a ser tal que subestime sistemáticamente la pérdida contingente. Por el contrario, sobredimensionar el modelo implica suponer pérdidas demasiado elevadas con una probabilidad en extremo pequeña. Este hecho, solo provoca temor en la gestión y pronostica el caos innecesariamente. Encontrar el equilibrio resulta prudente para el técnico que realiza los cálculos y eficiente para el *manager* que planea y ejecuta decisiones de inversión.

Una forma interesante de someter a análisis el uso de esta herramienta en contextos de gestión de riesgos en los negocios es mediante la creación de escenarios contingentes. Una vez calculado el VaR, resulta posible estresar las posiciones de manera tal de conseguir escenarios más pesimistas. Esto se constituye en lo que se conoce como pruebas de estrés o tensión (*stress testing*). Es por esto que Jorion (2011) considera que las pruebas de estrés son una simple extensión de los sistemas de VaR.

El cálculo del VaR, si bien resulta sencillo de aplicar y permite tomar decisiones contingentes, posee ciertas limitaciones que señala Jorion (2011). A partir de su observación es posible enumerarlas como sigue:

- i. Puede no describir la peor pérdida posible. Este hecho dependerá si se toma como referencia la cantidad de días que la pérdida supera lo estimado por el VaR. Las

pruebas retrospectivas pueden ajustar esta cuestión para lograr un valor más realista.

- ii. No son descriptas las pérdidas de la cola izquierda de la distribución. Para un mismo valor estimado de VaR es posible tener distintas formas de la distribución, con lo cual el resultado probable puede ser suavizado por el efecto del promedio aritmético.

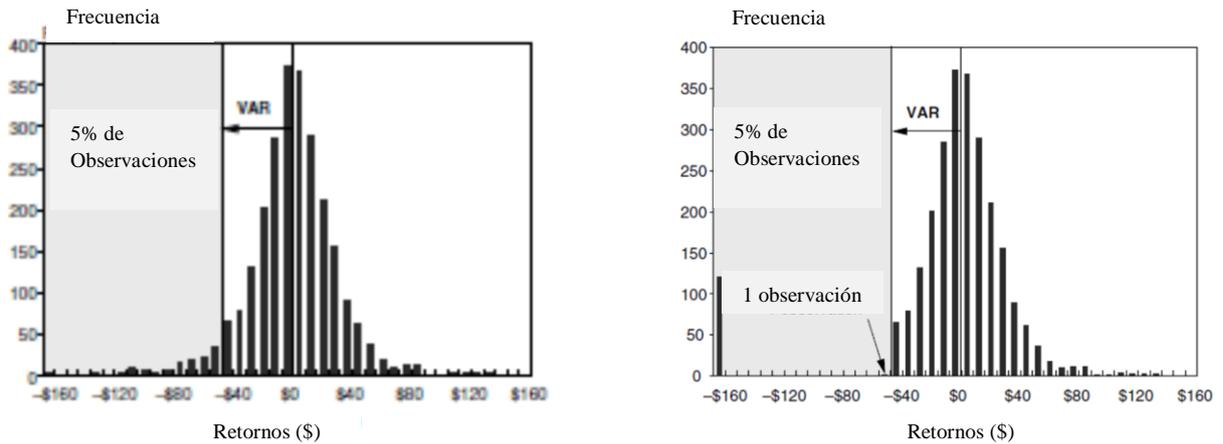


Gráfico 2.2: Críticas al Valor a Riesgo.

Fuente: Philippe Jorion (2011:292-293)

- iii. En el gráfico de la izquierda el VaR es \$42 millones, aunque el promedio de las observaciones mayores a ese valor sea de \$63 millones (Jorion, 2011:293). En cambio, en el gráfico de la derecha, el VaR es el mismo, lo que cambia es la distribución de las observaciones. Hay 125 observaciones de pérdidas en torno a \$160 millones y solo 1 apenas debajo de los \$42 millones. Este tipo de distribuciones hace que el VaR sea el mismo en ambos casos, pero en este último la probabilidad de pérdidas mucho mayores es significativamente más alta.
- iv. La ventana de datos que se use modifica sensiblemente el VaR resultante. El resultado de la aplicación de los distintos métodos puede ser muy dispar. El método paramétrico es más preciso que el de simulación histórica, ya que utiliza toda la muestra mientras que el segundo se basa en el uso de percentiles. De cualquier manera, la crítica más fuerte tiene que ver con la idea de que el pasado reciente es toda la información necesaria para predecir el futuro inmediato.

La crisis de 2007-2008 rompe fuertemente muchos de los mecanismos de gestión de riesgos que se desarrollaban hasta ese momento. Aquella improbable ocurrencia de

pérdidas con el 99% de confianza se convirtió en realidad, desafiando cualquier lógica estadística. Un factor ineludible, tal como se mencionó, es el hecho de considerar una muestra temporal específica. El uso de modelos con medias móviles (MA, *moving average*) sopesa de igual manera cada observación en la ventana muestral que se esté considerando (Hamilton, 1994). Esto suaviza la incidencia de los rezagos en el proceso generador de la variable de interés. Desde un punto de vista pragmático, esto podría considerarse como el escenario más conservador.

2.2.2. Mapeo de Factores de Riesgo

Un sistema de administración de riesgos -gestión integral-, es sensible al tamaño y composición del portafolio (Grote, 2009). Una parte importante del diseño del sistema consiste en intentar estimar la exposición de todo el portafolio, a partir de la exposición individual de cada instrumento. Este es el rol del mapeo de riesgos (*risk mapping*) que consiste en reemplazar cada instrumento por su exposición en los factores de riesgo seleccionados (Jorion, 2011:376).

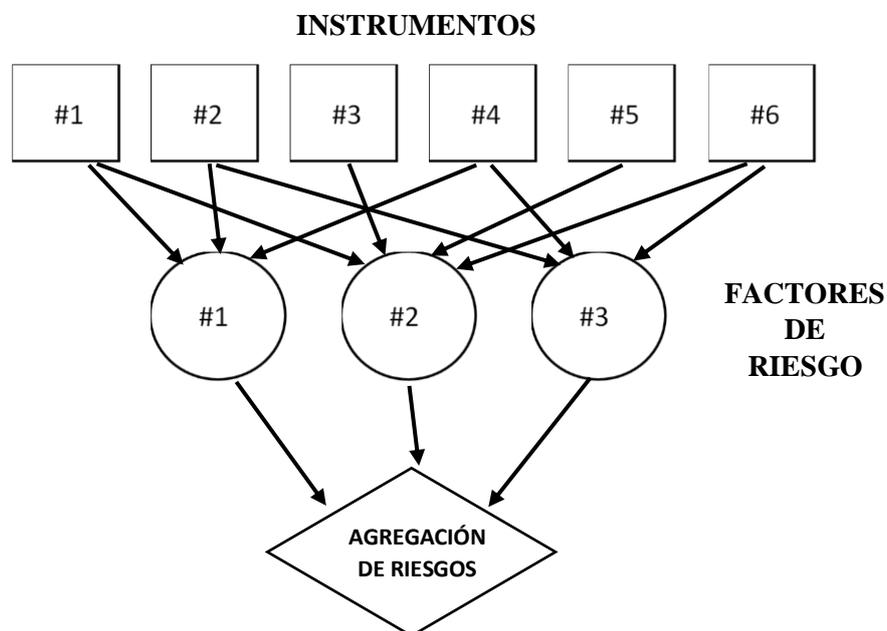


Figura 2.2: Pasos del mapeo de factores de riesgos

Fuente: Philippe Jorion (2011:376)

A partir del esquema anterior, el proceso consiste en tres etapas: reemplazar instrumentos por exposiciones a factores de riesgo, agregar –totalizar- el riesgo de acuerdo a las

exposiciones en los factores y finalmente, derivar la distribución de los retornos del portafolio y calcular el VaR. Siguiendo a Jorion (2011:376):

- i. Reemplazar posiciones ($N = 6$, en el esquema) por las exposiciones a los factores de riesgos ($K = 3$). Se define $x_{i,k}$ como la exposición del instrumento i al factor k .
- ii. Totalizar la exposición: $x_k = \sum_{i=1}^N x_{i,k}$.
- iii. Derivar la distribución de los retornos del portafolio $R_{p,t+1}$ a partir de la exposición y variaciones de los factores de riesgo (Δf). Luego, se calcula el VaR con cualquiera de los métodos mencionados.

En este procedimiento, existen distintas implicancias que pueden complejizar estos tres simples pasos y normalmente la literatura tradicional da cuenta de que, si bien es el esquema más importante, admite vicisitudes. Paul Glasserman, Philip Heidelberger y Perwez Shahabuddin (2002) exponen de una manera muy elegante las dificultades para estimar el VaR de un portafolio con factores de riesgo que presentan colas pesadas. Intuitivamente, las colas de una distribución de probabilidad están relacionadas con un percentil muy pequeño - a cola izquierda del orden del 0,01%, hasta máximo 5% - y la velocidad en que acumula probabilidad respecto de una distribución normal. Al respecto, en la siguiente sección, se analiza en detalle este concepto relacionado con Teoría de Valor Extremos en finanzas. De esta manera, y como argumentan los autores mencionados, el paso (iii) resulta el más crítico a la hora de mesurar la exposición a riesgo de mercado asociada a los factores elegidos: *“The difficulty in estimating these types of risk measures lies primarily in estimating the profit-and-loss distribution itself, especially the tail of this distribution associated with large losses.”* (Glasserman, Heidelberger y Shahabuddin, 2002:239).

Asimismo, los autores exhiben la complejidad no solo en la determinación de los factores de riesgos asociados a una posición, sino su estudio e implicancia respecto a los cambios en sus valores a lo largo del tiempo. Resulta evidente que la selección y seguimiento de los factores de riesgo es sensible a la composición de la cartera. En el caso de entidades bancarias, donde la cartera (*banking book*) está compuesta por préstamos a unidades productivas -empresas-, el nivel de exposición a la volatilidad de variables macroeconómicas es significativo. Por lo tanto, en el cálculo del VaR queda contenida en la derivación de la distribución de pérdidas y ganancias, toda la información relevante de

los factores de riesgo. De esta manera se simplifica el cálculo por parte de los analistas y tomadores de decisiones:

All methods for estimating or approximating the distribution of changes in portfolio value rely (at least implicitly) on two types of modeling considerations: assumptions about the changes in the underlying risk factors to which a portfolio is exposed, and a mechanism for translating these changes in risk factors to changes in portfolio value. Examples of relevant risk factors are equity prices, interest rates, exchange rates, and commodity prices. For portfolios consisting of positions in equities, currencies, commodities, or government bonds, mapping changes in the risk factors to changes in portfolio value is straightforward. But for portfolios containing complex derivative securities this mapping relies on a pricing model.
(Glasserman, Heidelberger y Shahabuddin, 2002:240)

Un modelo sencillo de representación de la distribución de pérdidas y ganancias es la que presenta J.P. Morgan en su documento técnico *RiskMetrics* (1996). Éste sugiere una distribución condicionalmente normal. Para ello, se asumen dos cosas: que las variaciones en los factores de riesgo son condicionalmente normales –multivariados– para el horizonte específico, condicional a la información disponible al inicio del período, y que el valor de la cartera varía linealmente con los cambios en los factores. Este enfoque, si bien es simple, abriría lugar a una discusión que aún persiste con aportes y modelos más sofisticados, que critica los supuestos del aquél documento.

2.2.3. Coherencia de las medidas de riesgo

En la literatura actual acerca de los modelos y métodos de medición de riesgos de mercado y no-mercado, existe un elevado consenso en que la validación tiene que contemplar al menos dos aspectos: coherencia interna y pertenencia empírica. Es así que la primera de ellas refiere a la validez matemática y teórica, mientras que la segunda asegura la aplicabilidad y utilidad de dichas herramientas en la gestión de negocios cotidiana. La visión práctica (*practitioner*) no debe descuidar la robustez de los modelos, mientras que los teóricos no deben perder de vista que la elegancia metodológica y académica no siempre exhibe eficacia en la dinámica de mercado. Asimismo, el estudio crítico de los

métodos de medición de riesgo no solo debe contemplar la relación entre academia y mercado, sino que debe circunscribirse en el ámbito de reglas que impone el regulador y/u organismos de control. Este aspecto fue tratado en detalle en el primer capítulo de esta tesis.

Los trabajos de investigación de la última década, hacen referencia recurrentemente a los aportes de Philippe Artzner, referente en la temática (Artzner y Delbaen, 1997; Artzner *et al.*, 1999), respecto de las características que debe tener un modelo de medición de riesgos para ser considerado coherente. En primer lugar, los autores establecen un conjunto de axiomas para caracterizar a un conjunto aceptable de valores netos aleatorios futuros. Luego establecen cuatro axiomas para medir la coherencia de una medida de riesgo, relacionándolo con los axiomas de conjuntos de aceptación.

Un primer aspecto relevante en cuanto al estudio de las medidas de riesgo, es la pertenencia o no al conjunto de riesgos aceptables de los valores futuros que pronostiquen (Artzner y Delbaen, 1997:205). De esta manera, destacan el rol de los reguladores en esta determinación. Para introducir los axiomas de pertenencia, es necesario definir algunas notaciones y supuestos de mercado. “*When we deal with market risk, the state of the world might be described by a list of the prices of all securities and all exchange rates, and we assume that the set of all possible such lists is known.*” (Artzner *et al.*, 1999:206). Bajo este supuesto, se configura el espacio probabilístico incorporando este conjunto de información. Los estados de la naturaleza (Ω) son finitos. Como lo explica la teoría de la medida, estos estados son un conjunto de posibles resultados de un experimento asociado a la variable aleatoria X . La parte negativa, los autores la denotan como X^- y se halla mediante $[\max(-X, 0)]$. El supremo de este conjunto se denota como $\|X^-\|$. Sea \mathcal{G} el conjunto de todas las funciones reales en Ω , es decir, el conjunto de todos los riesgos. El subconjunto de valores no-negativos se denota con L_+ y el de los negativos con L_- . Sea \mathcal{A}_{ij} , $j \in J_i$ el conjunto de los valores netos finales de la posición⁴³, expresados en unidades monetarias i (del país i), que son aceptadas por el regulador j .

Con la notación definida, los axiomas de aceptación son los siguientes (Artzner *et al.*, 1999:206-207):

- i. El conjunto de aceptación \mathcal{A} contiene a L_+ .

⁴³ Los autores desarrollan los axiomas simplificando la notación a simplemente \mathcal{A} .

- ii. El conjunto de aceptación \mathcal{A} no se interseca con el conjunto L_{--} , siendo $L_{--} = \{X \mid \omega \in \Omega, X(\omega) < 0\}$.
- iii. El conjunto de aceptación \mathcal{A} es convexo.
- iv. El conjunto de aceptación \mathcal{A} es un cono positivo homogéneo.

Una medida de riesgo asociada a un conjunto con las características mencionadas de aceptación, es un mapeo de \mathcal{G} en \mathbb{R} que, de acuerdo a la definición 2.2 de Artzner *et al.* (1999), se denota como $\rho_{\mathcal{A},r}$. En este caso, se asume que r es una tasa de retornos de un instrumento financiero de referencia. Entonces,

$$\rho_{\mathcal{A},r}(X) = \inf\{m \mid m \cdot r + X \in \mathcal{A}\}. \quad (2.15)$$

Por su parte, el conjunto de aceptación con asociado a la medida de riesgo queda definido como $\mathcal{A}_\rho = \{X \in \mathcal{G} \mid \rho(X) \leq 0\}$. Estas dos expresiones sintetizan la correspondencia entre los conjuntos de aceptación y la medida de riesgo.

A partir de estas definiciones, los autores exponen los axiomas relevantes de la medida de riesgo ρ en \mathcal{G} . Para ello será necesario un monto cierto (inicial) α y la inversión en el instrumento de referencia (Artzner *et al.*, 1999:208-210). Entonces,

- i. Traslación invariante.
- ii. Sub-aditividad.
- iii. Homogeneidad positiva.
- iv. Monotonicidad
- v. Relevancia

Si una medida de riesgo satisface los axiomas i a iv, entonces es llamada coherente [definición 2.4 (Artzner *et al.*, 1999:210)]. Hacia el final del capítulo, cuando se examinan en detalle los modelos alternativos de VaR Condicional se vuelven a considerar estos axiomas.

Formalmente, el axioma de sub-aditividad es el de mayor relevancia para la medida que se está analizando en este apartado. Conceptualmente, dicha característica responde a la diversificación del riesgo por agregación de activos. Es decir, si la medida de riesgo, en este caso el VaR, posee sub-aditividad, entonces el riesgo de la suma de activos es menor a la suma de los riesgos individuales de cada uno. Este concepto no lo cumple el VaR.

This failure goes beyond merely contradicting the reasonable expectation of a diversification benefit. It also makes VaR an unsuitable risk measure for managing the risk of a large institution since the risk calculated by two independent subunits does not provide an upper bound to the risk faced by the organization as a whole. From a more theoretical perspective, subadditivity is one of the criteria that must be satisfied by coherent risk measures. Since VaR is generally not subadditive, it is not a coherent risk measure. (Brammertz et al., 2009:243)

Si la medición de riesgos es sub-aditiva, un portafolio nos daría una sobreestimación del riesgo combinado, y esto significa que podemos usar la suma de los riesgos como una estimación conservadora del riesgo combinado (Dowd, 2007). Esto facilita la toma de decisiones dentro de una organización bancaria, porque el encargado de tomar decisiones siempre puede usar la suma de los riesgos de las unidades que le reportan como una medida de riesgo conservadora. Pero si los riesgos no son sub-aditivos, sumarlos juntos nos da una subestimación de los riesgos combinados, y esto hace que la suma de los riesgos sea efectivamente inútil como medida de riesgo (Dowd, 2007). En la gestión de riesgos, es muy importante que las estimaciones de riesgo sean imparciales o sesgadas de forma conservadora.

Si los reguladores o el supervisor bancario usan medidas de riesgo no sub-aditivo para establecer requisitos de capital, una firma financiera podría verse tentada a dividir sus unidades de negocio para reducir sus requerimientos de capital regulatorio, porque la suma de los requerimientos de capital de las unidades más pequeñas sería menor que el requerimiento de capital de la organización bancaria en su conjunto (Dowd, 2007).

Por los motivos antes expuestos, esta tesis doctoral examina en detalle medidas alternativas para la estimación del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. Esta práctica debe contener los aspectos intrínsecos de la matemática de las medidas, al tiempo que permita una práctica reflexiva como dimensión de su gobernanza responsable. En la siguiente sección se estudian en detalle las medidas asociadas a riesgo de cola de la distribución de pérdidas y ganancias, comprendidas dentro de la Teoría de Valores Extremos.

2.3. Teoría de Valores Extremos (EVT)

En la presente investigación resulta especialmente relevante la discusión de las medidas de riesgo para una gestión eficiente y responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. En las secciones anteriores, se abordaron los aspectos teóricos -marco teórico y consistencia lógica- de ambas cuestiones. En particular, la primera sección respondió al marco teórico de la evolución de las mediciones de riesgo y, en definitiva, como se gestionaron y cambiaron las decisiones a lo largo de la historia reciente. Luego, se estudió en detalle la medida VaR, enfatizando en los procedimientos de estimación y en las dificultades que trae en la gestión producto de la falta de coherencia por no ser una medida sub-aditiva.

La presente sección examina la Teoría de Valores Extremos, como primera aproximación a la resolución de la problemática de la coherencia. Asimismo, se estudian en detalle los aspectos que están relacionados con la distribución de pérdidas y ganancias y los eventos extremos captados en la gestión del riesgo de cola.

2.3.1. Valor a Riesgo esperado (E-VaR)

Una extensión interesante de la metodología VaR para gestión de riesgo de mercado es lo que se conoce como $E - VaR$ o déficit esperado o cola esperada de pérdidas (Bessis, 2011:499). La misma es una extensión del método expuesto, pero considerando la esperanza del VaR condicional a que se exceda la pérdida calculada con el nivel de confianza elegido (Rockafellar y Uryasev, 2000). Esta esperanza o expectativa desfavorable o pesimista se puede obtener haciendo pruebas de estrés incluso mediante el método de simulaciones hipotéticas.

La variable aleatoria L representa la pérdida y el umbral que coincide con el percentil del VaR, α . De esta manera $L(\alpha)$ es la pérdida aleatoria para un umbral determinado, en concordancia con el nivel de confianza. El VaR es el percentil $P[L \leq L(\alpha)] = F(\alpha)$. Esta distribución acumulada resulta empírica en el método de simulación histórica y es normal bajo los lineamientos del delta-normal VaR (Bessis, 2011:499). Mediante la regla de Bayes, se obtiene la probabilidad condicionada de que la pérdida aleatoria sea x , un valor superior a la pérdida L :

$$P[(L \leq x) | L \leq L(\alpha)] = \frac{P[(L \leq x)]}{P[L \leq L(\alpha)]} \quad (2.16)$$

De esta manera y sabiendo que el denominador en (2.16) es idéntico a $F(\alpha)$ por definición, la probabilidad de que la pérdida aleatoria L sea menor o igual que un valor x condicional, a que sea menor o igual a $L(\alpha)$ resulta ser el cociente entre dos probabilidades no condicionadas. Por definición la suma de las probabilidades desde la cota inferior L hasta el percentil de pérdidas $L(\alpha)$ es la siguiente integral:

$$\int_{-\infty}^{L(\alpha)} p(l) dl = F(\alpha) \quad (2.17)$$

De esta manera, el déficit esperado es la probabilidad promedio ponderada de las pérdidas condicionales a que sucedan pérdidas menores o iguales a $L(\alpha)$. El cálculo del E-VaR es una porción de la distribución que en el caso de ser una normal puede derivarse de la función de densidad. Siendo $\varphi(L)$ la función de densidad de una distribución normal estandarizada con y como la variable estandarizada de pérdida, entonces:

$$E - VaR = \frac{1}{\alpha} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(\alpha)} y \varphi(y) dy = \frac{1}{\alpha} \cdot \varphi[\Phi^{-1}(\alpha)] \quad (2.18)$$

En este caso, $F(\alpha) = \Phi(\alpha)$ y $L(\alpha) = \Phi^{-1}(\alpha)$. Es proporcional a la densidad de la normal de $\Phi^{-1}(\alpha)$ ya que el valor de la cota inferior es cero. Es posible ver este concepto en el desarrollo de la función de densidad de la distribución normal. Haciendo el correspondiente cambio de variables en (3.18) se tiene:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^v y e^{(-y^2/2)} dy = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^v e^{(-y^2/2)} d\left(-\frac{y^2}{2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} [e^{(-v^2/2)} - e^{(-u^2/2)}]$$

La integral converge a $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{(-v^2/2)}$ cuando $u \rightarrow -\infty$, mientras que la densidad en la cota superior es $\Phi^{-1}(\alpha)$.

Joel Bessis (2011:500) considera que en la práctica es posible hallar el E-VaR para cualquier distribución paramétrica o no, a partir del promedio de todas las desviaciones adversas de la función de ingresos y pérdidas diarios. Si se llama p_i a la frecuencia en porcentaje de cada uno de los n valores de pérdidas estrictamente menores que $L(1\%)$ o sea al VaR con 99% de confianza, entonces:

$$E - \text{VaR} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i l_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (2.19)$$

Tanto la formulación (2.18) como la (2.19) son posibles alternativas teóricas al concepto de VaR esperado. A continuación, se examinan las medidas de riesgo tradicionales asociadas únicamente con el estudio de la cola de la distribución. Este hecho, como se verá, posibilita un análisis más eficiente, y evita los problemas de incoherencia.

2.3.2. Distribución elíptica y su relación con la función de pérdidas y ganancias

Tal como explica Jonathan E. Ingersoll, Jr. (1987:70) el criterio de media-varianza es especialmente útil para caracterizar distribuciones de variables aleatorias multivariadas. Es posible demostrar que la combinación lineal -por ejemplo, un portafolio- de variables aleatorias que representen retornos, también tiene una distribución que pertenece a la misma familia. Las distribuciones que permiten caracterizarse mediante los dos primeros momentos, análisis media-varianza, pertenecen al tipo elíptico. Esto es así porque el contorno isoprobable es elipsoidal (Ingersoll, 1987). Este autor, afirma que la función de densidad asociada a una distribución elíptica tiene que tener la siguiente forma:

$$f(X) = |\Omega|^{-\frac{1}{2}} g[(X - \mu)' \cdot \Omega^{-1} \cdot (X - \mu); n] \quad (2.20)$$

Siendo X un vector de n variables aleatorias que se distribuirán como una familia de elípticas. Asimismo, Ω es una matriz de dispersión (definida positiva) y, μ un vector de medianas (de existir, también sería de medias). Luego, $g(\cdot)$, cumple con lo siguiente:

- (i) $g(\cdot)$ es una función uni-variada de parámetro n .
- (ii) $g(\cdot; n)$ será sensible a los parámetros que tenga la función al interior de cada clase.

La función característica asociada con (ii) tendrá la siguiente forma (Ingersoll, 1987:70):

$$\phi_n t \equiv E[\exp(i t' X)] = \exp(i t' \mu) \Psi(t' \Omega t) \quad (2.21)$$

Para alguna función Ψ que no dependa de n .

A la luz de esta definición, la familia tiene dentro de sus integrantes a la distribución Normal, $t - student$, \mathcal{F} y las Pareto generalizadas (GPD, por sus siglas en inglés). Estas últimas, son importantes en modelos de riesgo financiero. En particular, la Normal

multivariada es la que mejor ajusta a la distribución de contornos elípticos, pero dada su función característica también son alcanzadas las distribuciones con colas más pesadas. Tal como puntualiza Paul Embrechts *et al.* (2002), la mencionada familia de distribuciones se corresponde con vectores incorrelacionados de media cero.

Para realizar cualquier análisis de riesgos basado en distribuciones de pérdidas, es necesario contar con el marco teórico adecuado. En general, los modelos que explican pérdidas poco probables pero altamente desfavorables, utilizan los desarrollos a partir de Valor a Riesgo, como se mostró en los apartados anteriores. En este contexto, resulta de especial interés el trabajo sobre distribuciones empíricas y el testeo de normalidad de las mismas. En el apartado siguiente, se muestra el uso de la Teoría de Valores Extremos (*Extreme Value Theory*, EVT) para el cálculo de pérdidas esperadas de una acción, haciendo hincapié en el peso de la cola y el tamaño relativo de la misma (*peak over the threshold*).

2.3.3. Riesgo de colas de la distribución de pérdidas y ganancias

In statistics, extremes of a random process refer to the lowest observation (the minimum) and to the highest observation (the maximum) over a given time-period. In financial markets, extreme price movements correspond to market corrections during ordinary periods, and also to stock market crashes, bond market collapses or foreign exchange crises during extraordinary periods. (Longin, 2000:1098)

Cuando se trabaja con las mencionadas distribuciones, dentro de la familia, es posible estudiar críticamente el problema de gaussianas con colas pesadas. Éste se materializa en la subestimación de la máxima pérdida posible en el contexto de un portafolio. Es por ello que cuando la distribución de ganancias-pérdidas se distribuye normalmente tal problema no existe (Yamai y Yoshida, 2002b, 2005).

El VaR puede estimarse con una aproximación no-paramétrica mediante simulaciones históricas. Asimismo, pueden realizarse procedimientos paramétricos en los que se impone una determinada función de densidad analítica para los retornos de la posición o portafolio considerado. El parámetro a considerar es el desvío estándar de esa distribución.

Por un lado, la estimación no-paramétrica puede resultar defectuosa o poco precisa, en la medida que la muestra o ventana histórica es muy sensible a la estimación. Esta imprecisión se magnifica en la medida que aumenta en nivel de confianza (Jorion, 2011:364). Por otro lado, toda vez que se lleve a cabo un procedimiento de estimación paramétrica, la dificultad radica en la determinación de la forma que adopte la distribución de probabilidades de los distintos factores de riesgos.

Toda vez que se intente ser demasiado exhaustivo en el estudio de las funciones de densidad desconocidas con el afán de captar perfectamente la exposición al riesgo, se introducen errores graves, o bien, supuestos irreales. La teoría de eventos extremos (EVT) es un tercer método que se puede considerar *semi-paramétrico*. No requiere la estimación de toda la distribución analítica, sino que se basa en el estudio de la cola izquierda. Esto mejora mucho la estimación del VaR, en la medida que se logra foco y precisión en los eventos que caen en la cola pesada y que sustancialmente representan el VaR -baja frecuencia, alta intensidad-. Asimismo, es posible obtener fácilmente VaR a distintos niveles de confianza, simplemente extrapolando a partir de EVT.

Jorion (2011) explica a la distribución de la EVT como una generalización del teorema central del límite, es decir, que el promedio de variables aleatorias independientes tiende a la distribución normal sin importar su distribución original. Como se ha mencionado, para EVT es fundamental el análisis de la cola. Para ello, la teoría define que la distribución límite para cualquier valor x por encima de un umbral (*cutoff*) u pertenece a la siguiente familia:

$$F(y) = \begin{cases} 1 - (1 + \xi y)^{-1/\xi}, & \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-y} & , \quad \xi = 0 \end{cases} \quad (2.22)$$

Donde $y = (x - u)/\sigma$. Los valores de x están expresados en positivo, más allá que representen pérdidas, con el fin de que y sea siempre positiva. Por su parte, la distribución se caracteriza por $\sigma > 0$ como parámetro de escala y la forma queda determinada por ξ que representa la velocidad a la que la cola desaparece. Entonces, es posible definir algunas consideraciones:

- i. $\xi = 0 \rightarrow$ es la distribución Normal, las colas desaparecen a una velocidad exponencial.
- ii. $\xi > 0 \rightarrow$ típicamente relacionado con datos financieros. Implica colas pesadas.
- iii. $\xi < 0 \rightarrow$ es el caso de la familia de distribuciones de Weibull.

Las distintas alternativas presentadas, se configuran como casos particulares de la GPD. En particular, para finanzas cobra especial relevancia $\xi > 0$ y se relaciona con la distribución de Fréchet, considerando colas más pesadas que la normal.

Por lo antedicho, la EVT examina la forma y comportamiento de la cola de la distribución, es por ello que al centrarse en los casos en que una variable excede un cierto umbral, se asemeja directamente al concepto de VaR. El mismo, puede ser calculado con la mencionada distribución límite de la EVT, toda vez que se estimen los parámetros σ (dispersión o escala) y ξ (cola).

De acuerdo al desarrollo anterior y basado en el trabajo de Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshida (2005:1005-1011) se exponen las ideas del riesgo de cola. Los autores desarrollan un ejemplo de medición de riesgo bajo estrés de mercado. Al respecto consideran como estrés de mercado a los movimientos abruptos en los precios de los activos subyacentes de la posición. En esos casos, como el del año 1998, que desarrollan el mencionado trabajo, el riesgo de cola destruye la estimación del VaR en el sentido tradicional o práctico. Es importante destacar que el desafío del analista consiste en representar una función que contenga el retorno de los activos y explique su dinámica bajo condiciones de mercado estresado. Los autores consideran que para ello se debe utilizar una función de distribución EVT.

Sea Z un activo de interés, en Yamai y Yoshida (2005) se exhiben tipos de cambio multilaterales de 21 países con frecuencia diaria, variación logarítmica. Sea F la distribución de retornos de Z . La función de distribución por exceso de Z respecto de θ , es representada por $(Z - \theta)$ y se define como (Yamai y Yoshida, 2005:1006):

$$F_{\theta}(x) = \Pr\{Z - \theta \leq x \mid Z > \theta\} = \frac{F(x) - F(\theta)}{1 - F(\theta)}, \quad \theta \leq x \quad (2.23)$$

De esta manera, y teniendo en cuenta la distribución de EVT, la teoría demuestra que F_{θ} converge a una Pareto Generalizada, de la forma expuesta más arriba en (2.22), cuando el valor de θ es suficientemente grande (Embrechts, Klüppelberg y Mikosch, 2013). La mencionada distribución tendrá la siguiente forma (Yamai y Yoshida, 2005:1006)⁴⁴:

$$G_{\xi, \sigma}(x) = 1 - (1 + \xi y)^{-1/\xi}, \quad x \geq 0 \quad (2.24)$$

⁴⁴ Los autores consideran al parámetro de escala como σ , mientras que Philippe Jorion (2011) lo utilizan con la nomenclatura β . A Los fines matemáticos resulta ser la misma variable.

En la expresión anterior, es fácil de ver que $y = x/\sigma$. Asociado a $F_\theta(x)$ y $G_{\xi,\sigma}(x)$ es posible mostrar que si θ tiende a valores grandes, la función por exceso $\max(Z, \theta)$ se halla de la siguiente manera -aproximada-:

$$\begin{aligned} F_m(x) &\approx (1 - F(\theta)) \cdot G_{\xi,\sigma}(x - \theta) + F(\theta) \\ &= 1 - p \left(1 + \xi \frac{x - \theta}{\sigma}\right)^{-1/\xi}, \quad x \geq 0 \end{aligned} \quad (2.25)$$

Dónde $p = 1 - F(\theta)$, representa la probabilidad de la cola. En este caso, se incorpora un parámetro adicional, respecto de la definición de Philippe Jorion (2011): ξ representa el índice de la cola (*tail index*), σ es el parámetro de escala o volatilidad y, ahora, p como función de θ , explica la probabilidad de la cola. Como fuera mencionado, ξ respresenta el tamaño relativo de la cola en la distribución. Es decir, cuanto más grande sea el parámetro, más pesada es la cola. Lo mismo sucede con el parámetro de escala σ – dispersión- que cuanto más grande sea, más volatilidad tienen la distribución. Dado que $F_\theta(x)$ representa la función de distribución de eventos no captados por VaR, es posible pensar que el nivel de confianza de las mencionadas medidas es menor que p . Por lo tanto, Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshiba (2005) utilizan la distribución de excesos para calcular *VaR*.

En la siguiente sección, se continúa analizando la problemática de la medición de riesgos y la importancia de la coherencia de las medidas. En general, es posible contemplar ambas problemáticas con alteraciones en la medida VaR, mediante su condicionamiento. En particular, esta investigación examina en detalle la medida de VaR Condicional que se denomina *Expected Shortfall* (ES).

2.4. Modelos alternativos de Déficit Esperados: Valor a Riesgo Condicional

CVaR is able to quantify dangers beyond VaR and moreover it is coherent. It provides optimization short-cuts which, through linear programming techniques, make practical many large-scale calculations that could otherwise be out of reach. (Rockafellar y Uryasev, 2002:1443).

A lo largo de la evolución de los modelos de medición de riesgos, surgen interrogantes acerca de la coherencia respecto de los alcances y supuestos (Artzner *et al.*, 1999). En el caso del VaR, las características más cuestionadas en diversos trabajos académicos responden a los supuestos de normalidad de la función de ganancias y pérdidas, como así también, la continuidad y suavidad de la distribución. Respecto de la cola pesada, que es posible probar empíricamente⁴⁵, un rasgo a resaltar es que tienen un sesgo hacia el optimismo aquellas medidas tradicionales que suavizan las pérdidas por encima de lo que predice el VaR (Rockafellar y Uryasev, 2002).

La literatura discute desde la óptima matemática la coherencia, la continuidad y suavidad de la densidad y distribución de pérdidas (Acerbi y Tasche, 2002). Asimismo, la robustez del modelo debe garantizarse para cualquier nivel de confianza seleccionado, ya que la potencia del test no debe afectar su consistencia.

Con el objetivo de tratar las mencionadas características y debilidades del enfoque tradicional de VaR, R. Tyrrell Rockafellar y Stanislav Uryasev (2000, 2002) exploran las características fundamentales del VaR Condicional⁴⁶. Focalizando el análisis del VaR en la cola de la distribución de retornos, los autores denominan al CVaR como el exceso medio de pérdidas (*Mean Excess Loss*) o déficit medio (*Mean Shortfall*).

Es importante destacar que los cálculos y sustento teórico del enfoque que se presenta a continuación se basan en los desarrollos matemáticos acerca de optimización estocástica. La función de pérdida puede ser representada como $z = f(x, y)$, siendo x un vector de decisión en torno a gestión de portafolios o posiciones financieras. Sea X el conjunto de las restricciones de decisión, entonces $x \in X \subset \mathbb{R}^n$. Sea $y \in Y \subset \mathbb{R}^m$ un vector de posibles valores futuros de un conjunto de variables que afectan los retornos del portafolio. Si se considera que y es aleatoria, entonces z lo será, condicional a la ocurrencia de x (Rockafellar y Uryasev, 2002). Asimismo, es posible definir al vector y en un espacio probabilístico con una medida P en Y , de forma independiente a x . Esta medida es usual en espacios de Borel (Lin, 2006). Previo a formalizar los cálculos, resulta necesario explorar algunos conceptos relacionados con definiciones generales.

⁴⁵ El próximo capítulo contrasta la evidencia empírica y le da tratamiento al riesgo de colas pesadas.

⁴⁶ En la presente investigación se considera al VaR Condicional y al *Expected Shortfall* (ES) como el mismo concepto. De hecho, el ES es un VaR Condicional por definición.

Tal como desarrolla la literatura citada, es posible definir a la función de distribución acumulada para las pérdidas $z = f(x, y)$ para cada x , de la siguiente manera (Rockafellar y Uryasev, 2002:1447):

$$\Psi(x, \xi) = P\{y | f(x, y) \leq \xi\} \quad (2.26)$$

Nótese que $f(x, y)$ es una función continua y medible en y , a la vez que $E\{|f(x, y)|\} < \infty$ para todo $x \in X$. Si se considera un nivel de confianza $\alpha \in (0,1)$, entonces se llama $\alpha - VaR$ a la pérdida relacionada con la elección de x y se formaliza como:

$$\xi_\alpha(x) = \min\{\xi | \Psi(x, \xi) \geq \alpha\} \quad (2.27)$$

Así, es posible definir $\alpha - CVaR$ a partir del concepto anterior, reformulando a la función $\Psi(\cdot)$ en el intervalo $[\alpha, 1]$, de la siguiente manera (Rockafellar y Uryasev, 2002:1449):

$$\phi_\alpha^+(x) = E\{f(x, y) | f(x, y) > \xi_\alpha(x)\} \quad (2.28)$$

Se conoce a este concepto como $\alpha - CVaR^+$ o “superior”. Esta expresión, como se indicó, se denomina déficit medio (*Mean Shortfall*). La formulación más usual es:

$$E\{f(x, y) - \xi_\alpha(x) | f(x, y) > \xi_\alpha(x)\} = \phi_\alpha^+(x) - \xi_\alpha(x) \quad (2.29)$$

Esta expresión asegura, por construcción que $\alpha - VaR$ nunca supera a $\alpha - CVaR$, lo que implica que posiciones o portafolios con un valor bajo de CVaR deben tener, a su vez, aún más bajo VaR (Rockafellar y Uryasev, 2000). En el citado trabajo de investigación, los autores exponen una técnica práctica para resolver problemas de optimización estocástica, resolviendo al mismo tiempo el problema para CVaR y VaR.

Por su parte, Georg Ch. Pflug (2000), toma en cuenta los aportes de los autores mencionados y realiza un trabajo de comparación entre el VaR tradicional y el CVaR, en el que examina en detalle distintas circunstancias para comparar sus propiedades. En primer lugar, dada la definición de VaR tradicional -ecuación(2.11)-, éste reconoce que siempre existe solución para esa acumulada, preservando las características de continuidad.

De las diversas alternativas teóricas que se encuentran en la literatura tradicional sobre un enfoque práctico de VaR, quizá la más interesante es la que se conoce como déficit esperado (ES, *Expected Shortfall*) (Acerbi y Tasche, 2002). Allí se señala que en muchas oportunidades este concepto se utiliza como variante del VaR, ya que éste no resulta coherente como medida de riesgo. Las críticas más importantes a este enfoque responden

a la hipótesis de continuidad de función de distribución de pérdidas relacionada con el portafolio. El VaR capta la pérdida máxima contingente para funciones suaves y continuas (Ledford y Tawn, 1996). Sin embargo, cuando la función presenta discontinuidades, la medida de riesgo se torna incoherente en el sentido de Philippe Artzner (1999). Considerando otro aspecto a tener en cuenta, Paul Embrechts (1999) enfatiza en el hecho de que el enfoque tradicional no posee la propiedad de sub-aditividad. Este hecho hace que el modelo no capte la correlación de riesgos al interior del portafolio para n activos, subestimando sistemáticamente el verdadero valor de pérdida máxima.

Un concepto interesante que utilizan Carlo Acerbi y Dirk Tasche (2002) es el de utilizar una función de indicatriz:

$$\mathbf{1}_A(a) = \mathbf{1}_A = \begin{cases} 1, & a \in A \\ 0, & a \notin A \end{cases} \quad (2.30)$$

Nuevamente, en el mencionado trabajo se define un espacio probabilístico del tipo (Ω, \mathcal{A}, P) . En este caso, los autores consideran que X es una variable aleatoria real en ese espacio, que representa ganancias o pérdidas de un activo o portafolio (Acerbi y Tasche, 2002:1489). Sin embargo, merece atención considerar que la dificultad de predecir ganancias o pérdidas de una posición en un activo riesgoso es mucho menor a la de considerar un portafolio. En esta instancia, se puede ser consistente con la crítica que le hacen al VaR tradicional y no captar completamente el fenómeno de la diversificación. No obstante, la función indicatriz es especialmente útil cuando se introduce la definición de cuantiles en la definición de ES por el cálculo de una integral (Acerbi y Tasche, 2002:1492):

Sea x_α y x^α los α – *cuantiles* inferiores y superiores de X , respectivamente. Entonces:

$$\begin{aligned} x_\alpha &= q_\alpha(X) = \inf\{x \in \mathbb{R}: P[X \leq x] \geq \alpha\}, \\ x^\alpha &= q^\alpha(X) = \inf\{x \in \mathbb{R}: P[X \leq x] > \alpha\} \end{aligned} \quad (2.31)$$

Resulta sencillo de ver que $x_\alpha = x^\alpha$ si y solo si $P[X \leq x] = \alpha$.

Entonces, de acuerdo a (3.31) desarrollada por Carlo Acerbi y Dirk Tasche (2002), es posible definir al VaR^α (a nivel α para X), de la siguiente manera (Acerbi y Tasche, 2002:1489):

$$Var^\alpha(X) = -x^\alpha = q_{1-\alpha}(-X) \quad (2.32)$$

Así, resulta posible definir a la cola media (*MT*, *mean tail*) y *ES*:

$$TM_{\alpha}(X) = \frac{1}{\alpha} \{E(X \mathbf{1}_{\{X \leq x_{\alpha}\}}) + x_{\alpha}[\alpha - P(x \leq x_{\alpha})]\} \quad (2.33)$$

Por lo tanto,

$$ES_{\alpha}(X) = -TM_{\alpha}(X)$$

Así, en el mismo marco teórico, Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshiba (2002a) enfatizan en que normalmente la función es de pérdidas, por lo que es usual encontrar en la literatura esta definición (Yamai y Yoshiba, 2002c:60):

$$ES_{\alpha}(X) = E[-X \mid -X \geq VaR_{\alpha}(X)] \quad (2.34)$$

Lo que resulta ser el déficit esperado al nivel α para X . Cuando se asume distribución Normal de la función de ingresos y pérdidas, entonces *ES* y *VaR* están relacionados mediante la multiplicación escalar de sus desvíos estándares. Utilizando la función indicatriz (3.30) se obtiene (Yamai y Yoshiba, 2002c:61):

$$\begin{aligned} ES_{\alpha}(X) &= E[-X \mid -X \geq VaR_{\alpha}(X)] = \\ &= \frac{1}{\alpha} E[-X \cdot \mathbf{1}_{\{X \leq -VaR_{\alpha}(X)\}}] = \\ &= \frac{-1}{\alpha \sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-VaR_{\alpha}(X)} t \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma_x^2}\right) dt = \\ &= \frac{-1}{\alpha \sigma_x \sqrt{2\pi}} \left[-\sigma_x^2 \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma_x^2}\right) \right]_{-\infty}^{-VaR_{\alpha}(X)} = \\ &= \frac{-\sigma_x}{\alpha \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{VaR_{\alpha}(X)^2}{2\sigma_x^2}\right) = ES_{\alpha}(X) \end{aligned} \quad (2.35)$$

Para estudiar la conveniencia de *ES* sobre *VaR* es necesario probar la coherencia de las medidas. En primer lugar, algunas propiedades importantes (Acerbi y Tasche, 2002:1491).

Sea $\alpha \in (0,1)$ el nivel de confianza elegido. Es considerado un conjunto V de variables aleatorias sobre valores reales en el espacio probabilístico (Ω, \mathcal{A}, P) con esperanza finita para todo $X \in V$. Entonces, $\rho: V \rightarrow \mathbb{R}$ con $\rho(X) = ES_{\alpha}(X)$ para ser una medida coherente debe cumplir con:

- i. Monotonicidad (*monotonous*): $X \in V, X \geq 0 \Rightarrow \rho(X) \leq 0$;
- ii. Sub-aditividad (*sub-additive*): $X, Y; X + Y \in V \Rightarrow \rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$;
- iii. Positivamente homogénea (*positively homogeneous*): $X \in V, h > 0, hX \in V \Rightarrow \rho(hX) = h \rho(X)$;
- iv. Traslación invariante⁴⁷ (*translation invariant*): $X \in V, a \in \mathbb{R} \Rightarrow \rho(X + a) = \rho(X) - a$.

Un aspecto relevante que destacan estos autores es el hecho de que cuando se consideran portafolios con instrumentos derivados financieros u otros instrumentos poco líquidos, la distribución resultante puede no ser continua. En esos casos, y sobre todo en el análisis de colas, la discontinuidad más importante es respecto del nivel de confianza α (Acerbi y Tasche, 2002). VaR en particular adolece de esta característica. Alternativamente, ES_α es continuo respecto de α (Acerbi y Tasche, 2002:1492). Esto resalta una característica superadora no solo desde un punto de vista práctico, sino que mejora la coherencia de la medida de riesgos. La medida no reaccionará drásticamente cuando se sensibilice el nivel α , característica que comparte con EVT, como medida de riesgo centrado en análisis de colas, cómo se verá más adelante.

La propiedad más relevante para poder comparar ambas medidas es la sub-aditividad. En particular cuando se cuestiona la normalidad de la función de ingresos y pérdidas (Yamai y Yoshida, 2002c). Si se considera normalidad, entonces es posible que ES no posea ventajas respecto del enfoque tradicional de VaR. Más aún, se puede probar que la sub-aditividad que se cumple para ES_α , también se cumple para VaR_α al ser un producto escalar.

Sean σ_X y σ_Y las volatilidades de dos variables aleatorias X e Y , respectivamente. Sea σ_{XY} la covarianza entre ellas, entonces (Yamai y Yoshida, 2002c:62):

$$\sigma_{X+Y} \equiv \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 2\sigma_{XY}} \leq \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 2\sigma_X\sigma_Y} = \sigma_X + \sigma_Y \quad (2.36)$$

⁴⁷Es evidente que la traslación se puede operacionalizar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \rho(X + a) &= ES_\alpha(X + a) = E[-X - a \mid -X \geq VaR_\alpha(X)] = \\ &= E[-X \mid -X \geq VaR_\alpha(X)] - a = \rho(X) - a \end{aligned}$$

Se cumple la propiedad en la medida que $\sigma_{XY} \leq \sigma_X \sigma_Y$. Los mencionados autores lo prueban de la siguiente manera:

Sean $\mu_X ; \mu_Y$ esperanzas sobre las respectivas variables. Para cualquier valor real t , es posible definir $Z = (Y - \mu_Y) - t(X - \mu_X)$ de forma tal que:

$$\begin{aligned} E[Z^2] &= t^2 E[(X - \mu_X)^2] - 2t E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)] + E[(Y - \mu_Y)^2] = \\ &= t^2 \sigma_X^2 - 2t \sigma_{XY} + \sigma_Y^2 \end{aligned}$$

Si se considera el caso de $t = \sigma_{XY}/\sigma_X^2$, entonces:

$$\begin{aligned} E[Z^2] &= t^2 \sigma_X^2 - 2t \sigma_{XY} + \sigma_Y^2 = \\ &= \frac{\sigma_{XY}^2}{(\sigma_X^2)^2} \cdot \sigma_X^2 - 2 \frac{\sigma_{XY}^2}{\sigma_X^2} + \sigma_Y^2 = \boxed{\frac{-\sigma_{XY}^2 + \sigma_X^2 \sigma_Y^2}{\sigma_X^2} \equiv E[Z^2] \geq 0} \end{aligned}$$

Ya que $E[Z^2] \geq 0$, entonces $\sigma_{XY} \leq \sigma_X \sigma_Y$. ■

Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshiba (2002a) proponen un método para la estimación del error del *ES* con variables aleatorias simuladas. En su trabajo, los autores comparan el tiempo computacional que requiere la estimación del VaR versus *ES*. Si se considera que una variable aleatoria X distribuida en forma estable, se tiene (Yamai y Yoshiba, 2002a:89):

$$S_n =_d n^{1/\alpha} X + \gamma_n \quad (2.37)$$

Dónde S_n es la suma de n realizaciones de X , independientes e idénticamente distribuidas⁴⁸. La distribución estable es una generalización de la Normal, siendo el coeficiente α el índice de estabilidad. Se dice que si $\alpha = 2$ se aproxima a una Normal, mientras que si $\alpha = 1$, lo hace a una Cauchy. Es decir, el parámetro mide el peso relativo de las colas. Cuanto más chico sea α más pesadas serán las colas de la distribución. De esta manera, los autores realizan el experimento de simular aleatoriamente una muestra para calcular VaR y *ES*. Luego, calculan media y desvío estándar de ambas medidas y comparan el error de estimación mediante el coeficiente de variación, es decir, el cociente σ/μ . La conclusión principal del trabajo es que en la medida que las colas se hacen más

⁴⁸ El símbolo $=_d$ indica que ambas expresiones tienen equivalente distribución.

pesadas, es decir, que el coeficiente α decrece la estimación de *ES* genera mayor error que la de VaR. La explicación que exponen es que en la medida que las colas sean más pesadas, la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos crece (para cualquier nivel de confianza) y *ES* considera la cola derecha de la distribución.

Sin embargo, si bien parece que VaR estima con menor error, (Yamai y Yoshida, 2002a:89) muestran como éste se revierte en favor del *ES* a medida que se incrementa el tamaño de la muestra. Este hecho es relevante, dado que los modelos y medidas de riesgo, calibrados por simulación deben tener un tamaño muestral considerable. Respecto de la distribución, se dice que la función de ingresos y pérdidas (*profit-loss function*) pertenece a la familia de distribuciones elípticas o de contornos elípticos (Ingersoll, 1987; Sánchez y García, 2001).

De la comparación entre el VaR normal y ES surgen varias cuestiones muy interesantes para esta investigación. En primer lugar, si se hace el ejercicio de calcular los valores de una distribución normal estándar para los distintos niveles de confianza atinentes a la cola izquierda de la distribución, se llega a una conclusión interesante para la gestión de riesgos. Toda vez que el VaR es un percentil de una distribución de pérdidas y ganancias, constituye una digresión teórica interesante calcular dicha medida para una distribución normal estándar y compararla con ES. Esta última, es la medida condicional de VaR, es decir, el promedio de las observaciones de la cola que superan el umbral definido por la medida normal.

Al hacer este ejercicio con intervalos de 0,10%, se obtienen los siguientes resultados⁴⁹:

<i>F(-α)</i>	<i>Confianza</i>	<i>VAR</i>	<i>ES</i>
0,50%	99,50%	-2,57583	-2,84206
1,00%	99,00%	-2,32635	-2,63200
1,50%	98,50%	-2,17009	-2,49895
2,00%	98,00%	-2,05375	-2,39956
2,50%	97,50%	-1,95996	-2,31941
3,00%	97,00%	-1,88079	-2,25181
3,50%	96,50%	-1,81191	-2,19309
4,00%	96,00%	-1,75069	-2,14102
4,50%	95,50%	-1,69540	-2,08524
5,00%	95,00%	-1,64485	-2,05132

Tabla 2.2: Comparación entre el VaR normal y ES a distintos niveles de confianza.
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior (2.2), es posible sacar algunas conclusiones; la más relevante, sin dudas es relativa a los valores resaltados. La exposición al riesgo que predice el VaR normal estándar al 99% de confianza es prácticamente igual a la que predice ES al 97,50%. La diferencia entre ambas medidas es menor al 0,30%. Esto resulta interesante, ya que será considerado para el desarrollo de esta tesis doctoral poder verificar si este hecho impacta en la regulación de la estimación de pérdidas esperadas y exposición al riesgo de mercado en bancos. Y, adicionalmente, conocer cómo impacta esto en la gestión y toma de decisiones por parte de los expertos en cada organización.

Otra conclusión importante la examina en detalle el libro de Kevin Dowd (2007) respecto de la posibilidad de estimar VaR y ES con fórmulas cerradas. Contrario a lo que se muestra en la tabla anterior, el mencionado autor estima el VaR Condicional con una fórmula cerrada. Si bien considera la misma definición de ES, como el promedio de las observaciones que superan el umbral del VaR, elige utilizar una fórmula para su estimación. Las conclusiones a las que llega son distintas a las que se presentan en esta investigación, ya que el autor no cuestiona la exposición a riesgo por la incidencia de la estimación de la cola y el nivel de confianza. Otro artículo que compara ambas medidas, con elegancia estocástica y seriedad académica es el de Paul Embrechts *et al.* (2014). Este

⁴⁹Agradezco mucho los aportes, revisiones y comentarios del Prof. Mg. Roberto Dario Bacchini y el Mg. Mauro Speranza. Ambos han contribuido a una discusión actuarial sobre esta comparación. Los errores u omisiones son atribuibles únicamente al autor de esta tesis doctoral.

autor, como se mencionó a lo largo de este capítulo, es referente académico en lo que refiere a teoría matemática de la medida y desarrollos de modelos estocásticos.

En lo que resta de este capítulo se siguen analizando los aspectos estocásticos de las mediciones del riesgo de mercado. El aporte de la investigación acerca de la exposición al riesgo comparando VaR y ES se verá en mayor detalle en el capítulo siguiente. Allí, mediante un diseño metodológico ejemplificado, se realizará la estimación de las medidas con datos reales y la comparación a distintos niveles de confianza y con distintos tamaños de cola. La pregunta que se quiere responder es relativa a que si la exposición al riesgo de mercado calculada por el VaR normal estándar al 99% de confianza es prácticamente igual a la que predice ES al 97,50% y si la distribución no es normal, esta relación se mantiene. A ésta le suceden otras preguntas: ¿no afectan las colas pesadas?, ¿cómo afecta esto a la regulación y la gestión del riesgo de mercado que llevan a cabo los profesionales y expertos en bancos?

2.4.1. Criterios de dominancia estocástica

Con el objetivo de identificar un sistema de ordenamiento de preferencias, desde un punto de vista micro financiero, es posible utilizar el criterio de dominancia estocástica. Éste identifica dos aspectos importantes: la consistencia de las medidas de riesgo trabajadas hasta aquí y las características de los agentes -principio de no-saciedad y aversión al riesgo-.

Resulta intuitivo reconocer la dominancia estocástica por el criterio de media-varianza. Ante igualdad de medias, se elige al activo o portafolio que exhibe menor volatilidad. De la misma manera, ante la misma exposición al riesgo –volatilidad-, es preferible aquel activo financiero que desarrolle mayor rentabilidad esperada. El problema surge ante cuando no se da ninguno de los dos casos mencionados. Siguiendo a Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshida (2002b) es posible definir la dominancia estocástica de segundo orden a partir de las funciones de distribución acumuladas.

Sea X una variable aleatoria que represente los ingresos-pérdidas de un portafolio determinado. Asimismo, sean $F(x)$ y $f(x)$ las funciones de distribución y densidad, respectivamente (Yamai y Yoshihara, 2002b:98). Entonces,

$$F^{(2)}(x) = \int_{-\infty}^x F(u) du = \int_{-\infty}^x (x - u) f(u) du \quad (2.38)$$

Dónde $F^{(2)}(x)$ representa la función de distribución de segundo orden. La prueba de esta expresión la desarrolla Jonathan Ingersoll (1987:98). Así es posible definir la dominancia estocástica de segundo orden entre dos portafolios a partir de las variables $\{X_1; X_2\}$ que representen ingresos y pérdidas.

Se dice que X_1 domina a X_2 en el sentido de la dominancia de segundo orden y se denota como $X_1 >_{SSD} X_2$ (Yamai y Yoshihara, 2002b:98), si se cumple:

$$F_1^{(2)}(x) \leq F_2^{(2)}(x) \quad \forall x \in R \quad (2.39)$$

Siendo $F_1^{(2)}(x)$ y $F_2^{(2)}(x)$ las funciones de distribución segundo orden de X_1 y X_2 , respectivamente.

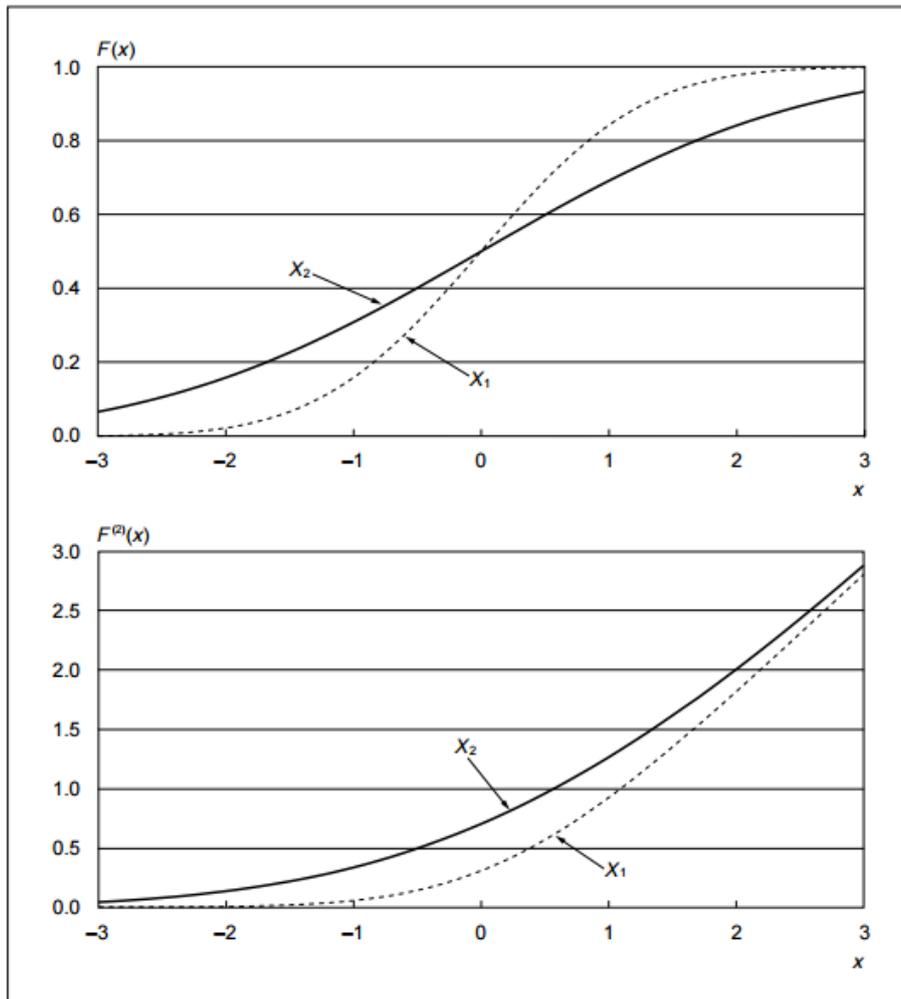


Figura 2.3: Dominancia estocástica de segundo orden.
Fuente: Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshida (2002b:99)

Es posible observar que $X_1 \geq_{SSD} X_2$ aunque las funciones se intersequen. También es posible aplicar esta definición incluso si las funciones no se llegaron a intersecar. Pero en particular, este criterio no permite ordenar exhaustivamente un conjunto de portafolios, asumiendo que el agente es racional con función de utilidad no decreciente y cóncava para todo el dominio. Bajo este tipo de preferencias, es posible que se den situaciones en las cuales ni $F_1^{(2)}(x) \leq F_2^{(2)}(x) \forall x \in R$, ni $F_1^{(2)}(x) \geq F_2^{(2)}(x) \forall x \in R$. En esos casos se requiere de un criterio de dominancia estocástica de orden tres, o superior.

Jonathan Ingersoll (1987:98) prueba la condición para la dominancia estocástica de orden n . Dirá que $F^{(n)}(x)$ representa la función de distribución de orden n de x .

$$F(x) \equiv F^{(0)}(x) \equiv \int_a^x f(u) \, du \qquad F^{(n+1)}(x) \equiv \int_a^x F^{(n)}(u) \, du$$

Entonces, se define una función μ_n y representa momentos parciales, tal que:

$$\mu_n(x, F) \equiv \int_a^x (x - u)^n f(u) du$$

Integrando por partes:

$$\begin{aligned} \int_a^x (x - u)^n f(u) du &= F(u)(x - u)^n \Big|_a^x + n \int_a^x (x - u)^{n-1} F(u) du = \\ &= n F^{(1)}(u)(x - u)^{n-1} \Big|_a^x + n(n - 1) \int_a^x (x - u)^{n-2} F^{(1)}(u) du = \\ &\quad \vdots \\ &= \boxed{n! \int_a^x F^{(n-1)}(u) du = n! F^{(n)}(x) = \mu_n(x, F)} \blacksquare \end{aligned} \quad (2.40)$$

Como puntualiza Ingersoll (1987:98), en cada paso el término $F_i(a) = 0$ y $(x - x)^i = 0, \forall i$. Por lo tanto, es posible definir a la dominancia estocástica de orden n a partir de las variables $\{X_1; X_2\}$ que representes ingresos y pérdidas, de la siguiente manera:

$$F_1^{(n)}(x) \leq F_2^{(n)}(x) \quad \forall x \in R \quad (2.41)$$

Siendo $F_1^{(2)}(x)$ y $F_2^{(2)}(x)$ las funciones de distribución de segundo orden de X_1 y X_2 , respectivamente. También se denota como $X_1 \geq_{SD(n)} X_2$ y se lee X_1 exhibe dominancia estocástica de orden n sobre X_2 .

Bajo estas definiciones, Yasuhiro Yamai y Toshinao Yoshiba (2002b) prueban la consistencia de las medidas de riesgo en términos de la dominancia estocástica de orden n . Argumentan que una medida de riesgo $\rho(X)$ es consistente si:

$$X_1 \geq_{SD(n)} X_2 \Rightarrow \rho(X_1) \leq \rho(X_2) \quad (2.42)$$

Teniendo en cuenta estos conceptos, es posible continuar con la definición y tratamiento del riesgo de cola. Dicho riesgo implica que: “(...) a risk measure fails to eliminate tail risk when it fails to summarize the choice between portfolios as a result of its disregard of information on the tail of the distribution.” (Yamai y Yoshiba, 2002b:103). El VaR que no considera las pérdidas más allá del cálculo del percentil de la distribución, aumenta dicha pérdida en el cola de la distribución (Basak y Shapiro, 2001).

Una posible definición de riesgo de cola es que dado una medida $\rho(X)$, un portafolio está libre del riesgo de cola en primer orden, para un determinado umbral, si con un $\rho(X)$ más pequeño tiene probabilidades más pequeñas de que la pérdida supere el umbral (Yamai y Yoshihara, 2002b).

Matemáticamente se formaliza de la siguiente manera: sean X_1 y X_2 portafolios. Sean $\rho(X_1)$ y $\rho(X_2)$ medidas de riesgo para cada portafolio. Se supone que X_1 exhibe un valor de la función de distribución ($F_1(x)$) mayor que X_2 para un cierto nivel de pérdidas I . Dado este supuesto, X_1 se configura como un portafolio más riesgoso que X_2 ya que la probabilidad de que las pérdidas superen a I son mayores en el primero que en el segundo.

Ahora bien, se dice que la medida de riesgo $\rho(X)$ está libre de riesgo de cola, si para un umbral K determinado se cumple la siguiente condición para dos variables aleatorias cualesquiera X_1 y X_2 con $\rho(X_1) < \rho(X_2)$ (Yamai y Yoshihara, 2002b:103):

$$F_1(x) \leq F_2(x), \quad \forall x \leq K \quad (2.43)$$

Luego, los autores demuestran que esta relación es consistente con el criterio de ordenamiento de portafolios por perfil de riesgo mediante dominancia estocástica de primer orden. Este hecho resulta relevante, ya que la consistencia de la medida de riesgo depende del criterio de dominancia y su robustez. El riesgo de cola se relaciona con la dominancia estocástica a cualquier nivel de umbral establecido.

Resulta evidente que si el criterio de dominancia estocástica de primer orden no es suficiente para el ordenamiento de portafolios según la teoría de la utilidad (Embrechts, Frey y McNeil, 2005) entonces se requiere ampliar el orden del riesgo de cola. Se puede definir al riesgo de cola de segundo orden de la siguiente manera (Yamai y Yoshihara, 2002b:104):

Una medida de riesgo $\rho(X)$ está libre de riesgo de cola de segundo orden para un umbral K si para dos variables aleatorias X_1 y X_2 con $\rho(X_1) < \rho(X_2)$ se cumple que:

$$\int_{-\infty}^x (x-u)f_1(u) du \leq \int_{-\infty}^x (x-u)f_2(u) du, \quad \forall x \leq K \quad (2.44)$$

Siendo $f_1(x)$ y $f_2(x)$ las funciones de densidad de X_1 y X_2 , respectivamente. Si X_1 exhibe dominancia estocástica de segundo orden sobre X_2 implica que éste último tiene colas

más pesadas. Asimismo, si una medida de riesgo posee ausencia de riesgo de cola de segundo orden, también la posee de primer orden (Yamai y Yoshida, 2002b).

Bajo los conceptos teóricos expuestos y con el afán de profundizar y complejizar el análisis, es posible generalizar el concepto al orden n : “When portfolios are ranked by n -th order stochastic dominance, a risk measure free of $(n + 1)$ -th order tail risk with any level of threshold is also free of n -th order tail risk with any level of threshold.” (Yamai y Yoshida, 2002b:105).

Resulta interesante ver que los conceptos referentes a la gestión del riesgo de cola y la dominancia estocástica, se relacionan directamente con las medidas de $VaR_\alpha(X)$ y $ES_\alpha(X)$. La consistencia de $VaR_\alpha(X)$ es tal que, si dos portafolios exhiben relación de dominancia estocástica de primer orden ($X_1 \geq_{FSD} X_2$) entonces $VaR_\alpha(X_1) \leq VaR_\alpha(X_2)$. Esta relación no cumple la recíproca y, teniendo en cuenta la propiedad de sub-aditividad, las distribuciones subyacentes al cálculo del $VaR_\alpha(X)$ tienen que ser elípticas. Sin embargo, esta relación entre dominancia estocástica y $VaR_\alpha(X)$ se pierde cuando se ordenan preferencias por el criterio del segundo orden: “VaR is consistent with second-order stochastic dominance when portfolios’ profits and losses have an elliptical distribution with finite variance and the same mean” (Yamai y Yoshida, 2002b:108). Si se tiene que dos portafolios tienen igual media, la relación de dominancia estocástica (segundo orden) que guardan es la siguiente (ecuación (2.42)):

$$X_1 \geq_{SSD} X_2 \Rightarrow \sqrt{V(X_1)} \leq \sqrt{V(X_2)} \quad (2.45)$$

De esta manera, teniendo en cuenta que la distribución es elíptica y la varianza finita, el $VaR_\alpha(X) = E(X) + q_\alpha \sqrt{V(X)}$. Siendo q_α el percentil 100α de la distribución elíptica estandarizada⁵⁰. Entonces (Yamai y Yoshida, 2002b:109):

$$\begin{aligned} X_1 \geq_{SSD} X_2 &\Rightarrow \sqrt{V(X_1)} \leq \sqrt{V(X_2)} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E(X_1) + q_\alpha \sqrt{V(X_1)} \leq E(X_2) + q_\alpha \sqrt{V(X_2)} \Rightarrow VaR_\alpha(X_1) \leq VaR_\alpha(X_2) \blacksquare \end{aligned}$$

Lo que hace consistente al $VaR_\alpha(X)$ con el criterio de dominancia estocástica de segundo orden. Nuevamente, en la medida que ambos portafolios tengan idénticos valores esperados de la función de ingresos-pérdidas y la distribución sea elíptica.

⁵⁰ Es importante destacar que, como se especificó oportunamente, la distribución Normal pertenece a esta familia de distribuciones elípticas.

Respecto de $ES_\alpha(X)$, resulta que es una medida consistente con el criterio de dominancia estocástica de segundo orden (Yamai y Yoshida, 2002b:109). Teniendo en cuenta la definición de $ES_\alpha(X)$, para la variable aleatoria X que representa ingresos-pérdidas de un portafolio (ecuación(2.34)):

$$\begin{aligned} ES_\alpha(X) &= E[-X \mid -X \geq VaR_\alpha(X)] = \frac{1}{\alpha} E[-X \cdot \mathbf{1}_{\{X \leq -VaR_\alpha(X)\}}] = \\ &= \frac{1}{\alpha} \int_{-\infty}^{q_\alpha} (-x) f(x) dx \end{aligned} \quad (2.46)$$

Dónde q_α es el percentil α de X y $f(x)$ la función de densidad. Entonces, asumiendo que $F(X)$ es la función de distribución se pueden hacer los siguientes reemplazos:

$$\begin{cases} F(X) = t \\ f(x)dx = dt \\ F(q_\alpha) = \alpha \\ F(-\infty) = 0 \end{cases} \Rightarrow ES_\alpha(X) = \frac{1}{\alpha} \int_{-\infty}^{q_\alpha} (-x) f(x) dx = -\frac{1}{\alpha} \int_0^\alpha F^{-1}(t) dt \\ = -\frac{1}{\alpha} \int_0^\alpha q(t) dt$$

Siendo que se cumple que (Yamai y Yoshida, 2002b:110):

$$X_1 \geq_{SSD} X_2 \Leftrightarrow \int_0^\alpha q_1(t) dt \geq \int_0^\alpha q_2(t) dt, \quad \forall \alpha \in [0,1]$$

Entonces,

$$X_1 \geq_{SSD} X_2 \Rightarrow ES_\alpha(X_1) \leq ES_\alpha(X_2) \blacksquare \quad (2.47)$$

Lo que hace que $ES_\alpha(X)$ sea una medida consistente con el criterio de dominancia estocástica de segundo orden para cualquier nivel de confianza y sin importar la relación que guarden las variables X_1 y X_2 respecto de sus medidas de tendencia central y dispersión. De esta manera $ES_\alpha(X)$ posee ventajas comparativas respecto de $VaR_\alpha(X)$ en lo que respecta al tratamiento del riesgo de cola. Ésta es susceptible a que el criterio de preferencias se ordene por dominancia estocástica de segundo orden. Tal relación no se mantiene para el orden n y se ve alterada la maximización de la utilidad y/o la eficiencia respecto al riesgo de cola.

2.4.2. Técnicas no-paramétricas para el cálculo de Déficit Esperado

Tal como se señalara en el apartado anterior, la medida de riesgo basada en $ES_\alpha(X)$ cobra especial relevancia, ya que posee las características del $VaR_\alpha(X)$, pero con mejor adecuación a las propiedades deseables de las medidas de riesgo. Ahora bien, como se ha mostrado anteriormente, la medición tradicional de $VaR_\alpha(X)$ puede realizarse mediante distintas estrategias -enfoques paramétricos, no-paramétricos-. El déficit esperado también posee esta bondad estadística. Song Xi Chen (2008) realiza una investigación acerca de dos enfoques para la estimación no-paramétrica, llegando a la conclusión que el más sencillo arroja resultados similares al más complejo, por lo que recomienda esa primera aproximación.

A los fines de captar la aplicabilidad del concepto de *expected-shortfall* es necesario adecuar la práctica a un sistema sencillo, consistente y eficaz. Por eso, la estimación no-paramétrica adquiere especial importancia. El ámbito de aplicación exige que los modelos más allá de ser muy elegantes, atractivos teórica y académicamente, sean fáciles de implementar y resulten en herramientas útiles de gestión.

An advantage of the nonparametric method is that it is model-free and hence is model robust and avoids bias caused by using a mis-specified loss distribution. Financial risk management is primarily concerned with characteristics of the tail part of the loss distribution. However, data are generally sparse in the tail and hence finding a proper parametric loss model that is adequate for the tail part is not trivial. This is where the nonparametric method can play a significant role. (Chen, 2008:88).

Sea $\{X_t\}_{t=1}^T$ un conjunto de valores de mercado para un activo o portafolio durante T períodos unitarios. Sea $y_t = -\ln(X_{it}/X_{it-1})$ los retornos negativos de para el t -ésimo período (Chen, 2008:88). Bajo el supuesto de que $\{Y_t\}_{t=1}^T$ es un proceso estacionario con distribución estacionaria F , entonces el ES_α es:

$$ES_\alpha = \mu_\alpha = E[Y_t | Y_t > v_\alpha] \quad (2.48)$$

Dónde α , como es usual, es un número muy chico. v_α es el percentil $(1 - \alpha)$ de la función de pérdidas F . De esta manera, el *expected-shortfall* es la esperanza condicionada de que ocurra una pérdida condicional a que sea mayor que v_α con una confianza de $(1 - \alpha)$. La estimación no-paramétrica, en contextos de volatilidad financiera es aún más interesante

para el enfoque práctico, dado que captura interdependencias entre las variables observadas.

La primera aproximación no-paramétrica que ensaya Song Xi Chen (2008:89-90) es simple, basada en un promedio ponderado de las pérdidas por encima de v_α :

$$\widehat{\mu}_\alpha = \frac{\sum_{t=1}^T Y_t \mathbf{1}(Y_t \geq \widehat{v}_\alpha)}{\sum_{t=1}^T \mathbf{1}(Y_t \geq \widehat{v}_\alpha)} = (T\alpha + 1)^{-1} \sum_{t=1}^T Y_t \mathbf{1}(Y_t \geq \widehat{v}_\alpha) \quad (2.49)$$

Dónde $\mathbf{1}(\cdot)$ es la función indicatriz (ecuación(2.30)). Asimismo, el autor muestra que $\widehat{v}_\alpha = Y_{[T(1-\alpha)+1]}$ que es el estimador de v_α del percentil de la muestra de *VaR*. El trabajo citado, concluye que la varianza y el error cuadrático medio no es necesariamente mayor de ese sencillo promedio ponderado, respecto de otros modelos más complejos. Song Xi Chen (2008) lo compara con el desarrollado por Olivier Scaillet (2004), en el que se usa una estimación de *kernel*. La estimación de la función de densidad no-paramétricas mediante *kernel* es muy usual para variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (iid). La construcción de la función de densidad es sensible a los valores muestrales, de ahí que se puede comparar con el modelo de promedios ponderados.

Olivier Scaillet (2004:118) propone el siguiente estimador de *kernel*:

$$[(Y_t, a'Y_t); \xi] = (Th)^{-1} \sum_{t=1}^T Y_t K((\xi - a'Y_t)/h) \quad (2.50)$$

Bajo la misma definición de Y_t como retornos diarios de precios, a es un vector de cantidades de determinados activos financieros en cartera. Luego, h es un número positivo (que el autor llama ancho de banda), que depende⁵¹ del tamaño de muestra T . A su vez:

$$\hat{I}(\xi) = \int_{-\infty}^{\xi} [(Y_t, a'Y_t); u] du \quad (2.51)$$

La función real de *kernel* $K(u)$ satisfice que integra a 1. A continuación, se presenta otra alternativa (moderna) de CVaR, utilizando modelos econométricos de regresiones por cuantiles que contienen estructuras autorregresivas.

⁵¹El autor asume que $\lim_{T \rightarrow \infty} h = 0$.

2.4.3. Valor a Riesgo condicional autorregresivo (CAViaR)

The great popularity that this instrument has achieved among financial practitioners is essentially due to its conceptual simplicity; VaR reduces the (market) risk associated with any portfolio to just one monetary amount. (Engle y Manganelli, 2004:367)

El trabajo de Robert F. Engle y Simone Manganelli (2004) expone un concepto novedoso respecto al VaR tradicional. Basado en modelos econométricos, desarrollan el concepto de VaR condicional autorregresivo, mediante regresión por cuantiles (CAViaR, *Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles*).

Los autores puntualizan que la simplicidad del VaR se debe a que es un percentil particular de un valor futuro de un portafolio, condicional a la información actual. Como la distribución de los retornos de dicho portafolio cambia a lo largo del tiempo, el desafío es encontrar un modelo de percentiles condicional que cambie en el tiempo (Engle y Manganelli, 2004:367). De esta manera, el aporte del trabajo mencionado, resulta interesante ya que combina la simpleza de la estimación de VaR pero resolviendo uno de sus problemas mediante la potencia estadística de las herramientas econométricas. Ese trabajo fue muy difundido en la academia y el modelo propuesto es base para la estimación paramétrica de cualquier portafolio. La crítica de los autores examina los distintos enfoques y caracteriza un problema interesante, que hasta el momento esta tesis no ha desarrollado. El enfoque de estimación paramétrica o no-paramétrica implica un trabajo sobre la volatilidad de los retornos que asume normalidad y, sobre todo, variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (iid).

The volatility approach assumes that the negative extremes follow the same process as the rest of the returns and that the distribution of the returns divided by standard deviations will be iid, if not normal. (Engle y Manganelli, 2004:368).

El modelo comienza con la definición de $\theta \in (0,1)$ que representa el nivel de confianza del VaR. El modelo busca estimar la pérdida que excederá al portafolio actual con probabilidad $(1 - \theta)$. Se define a $\{y_t\}_{t=1}^T$ la serie de tiempo que representa los retornos intertemporales del portafolio. En particular T es el tamaño de la muestra que no es un dato menor, ya que será necesario estudiar la sensibilidad de los resultados al tamaño de

la muestra. Luego, sea x_t un vector de variables observables en el tiempo y sea β_θ un vector de parámetros desconocidos. Entonces, definen en forma genérica a modelo CAViaR (Engle y Manganelli, 2004:368):

$$f_t(\beta_\theta) = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i f_{t-i}(\beta_\theta) + \sum_{j=1}^r \beta_j l(x_{t-j}) \quad (2.52)$$

Dónde $f_t(\beta) \equiv f_t(x_{t-1}, \beta_\theta)$ que es el θ -cuantil al momento t de la distribución de retornos formada en $(t - 1)$. La dimensión de β_θ es $(r + q + 1)$ y l es una función de rezagos finitos sobre las variables observables. El segundo término expone la característica autorregresiva que se busca incorporar, tratando de ser lo más suaves posibles respecto de cambios temporales en los cuantiles. El objetivo del modelo es estimar un VaR_t tal que $\Pr[y_t < -VaR_t | \Omega_t] = \theta$, siendo Ω_t la estructura de información asociada al espacio probabilístico en el momento t . Nuevamente, el problema surge en la forma estructural del modelo. Los autores mencionan claramente que el objetivo es lograr un modelo que aumente rápidamente el VaR cuando la pérdida fue mayor que la prevista, pero que lo ajuste a la baja lentamente cuando la pérdida no superó la estimación. Esta estrategia hace que el modelo sea revisado, robusto y útil. Como se ha puntualizado, un VaR que subestime sistemáticamente las pérdidas no tiene ninguna utilidad. Ahora bien, un VaR las sobrestima tampoco tiene sentido financiero, ya que magnifica por exceso la exposición al riesgo. Por lo tanto, el VaR debe reaccionar a y_{t-1} que es la información relevante para el modelo. Más aún, dependiendo si la observación es caída abrupta o ganancia pronunciada, el VaR es sensible simétricamente en $|y_{t-1}|$.

Los autores proponen entonces, a partir de la forma estructural genérica, algunas alternativas interesantes -ecuación (2.52)-: valor absoluto simétrico, pendiente asimétrica y un modelo autorregresivo generalizado de heteroscedasticidad condicionada (GARCH, *generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*). El primero de ellos, es una especificación muy simple, autorregresivo de primer orden y con respuesta simétrica a retorno producido en el período inmediato anterior:

$$f_t(\beta_\theta) = \beta_1 + \beta_2 f_{t-1}(\beta_\theta) + \beta_3 |y_{t-1}| \quad (2.53)$$

Luego, el modelo de pendiente asimétrica incorpora dos términos que capturen el movimiento ascendente o descendiente de los retornos inmediatos anteriores de y :

$$f_t(\beta_\theta) = \beta_1 + \beta_2 f_{t-1}(\beta_\theta) + \beta_3 (y_{t-1})^+ + \beta_4 (y_{t-1})^-$$

Dónde $(y_{t-1})^+ = \max(y_{t-1}, 0)$ y $(y_{t-1})^- = -\min(y_{t-1}, 0)$. De esta manera, rompe con la simetría del valor absoluto y capta movimientos al alza y baja independientemente. Finalmente, al igual que el primer modelo, la especificación GARCH la exponen de manera indirecta, asumiendo que los datos subyacentes siguen un GARCH (1,1) con distribución de errores independientes e idénticamente distribuidas (iid). Robert F. Engle y Simone Manganelli (2004) exponen el siguiente modelo:

$$f_t(\beta_\theta) = \sqrt{\beta_1 + \beta_2 f_{t-1}^2(\beta_\theta) + \beta_3 y_{t-1}^2} \quad (2.54)$$

La estrategia para la estimación robusta de los parámetros de los modelos CAViaR, es a partir de regresiones por cuantiles. Este concepto, que desarrolla Roger Koenker (2005)⁵², consiste en transformar un cuantil de la muestra en una regresión lineal. Se considera una muestra observable y_1, \dots, y_T generada por el modelo (Engle y Manganelli, 2004:369):

$$y_t = x_t' \beta^0 + \epsilon_{\theta t}, \quad \text{Quant}_\theta(\epsilon_{\theta t} | x_t) = 0 \quad (2.55)$$

Donde x_t es el vector de variables explicativas y Quant_θ el θ -cuantil de los errores condicionados al vector de regresores. Sea $f_t(\beta_\theta) \equiv x_t \beta$, entonces:

$$\min_{\beta_\theta} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [\theta - I(y_t < f_t(\beta_\theta))] [y_t - f_t(\beta_\theta)] \quad (2.56)$$

El desafío en la aplicación de estos modelos consiste en captar el nivel de adecuación, testeando heteroscedasticidad, dependencias temporales y autocorrelación, cointegración, etc. Existen muchos trabajos que exploran teóricamente estos conceptos, desarrollando test que prueben la potencia y propiedades deseables de estas estimaciones.

Un trabajo interesante es el que proponen Halbert Whitey, Tae-Hwan Kimz y Simone Manganelli (2010). Dado que el trabajo sobre percentiles estudia solo una parte de la distribución de la función de ingresos-pérdidas, entonces económicamente se asimila a un modelo de vectores autorregresivos (VAR). Este tipo de modelo es muy usual en la

⁵² El trabajo original es de Roger Koenker y Gilbert Basset (1978), pero al existir una versión revisada más reciente, esta tesis toma la versión 2005.

literatura de riesgo de mercado en entidades bancarias. Los autores desarrollan su trabajo basándose en VAR sobre VaR, de manera tal de captar el proceso de formación de precios de las variables de mercado que afectan a la posición financiera.

Conclusión del capítulo

El presente capítulo estudió críticamente las metodologías estocásticas para la evaluación de riesgo de mercado en organizaciones bancarias. Previamente, se ha mostrado la importancia de entender a la gestión integral de riesgos en el contexto adecuado. La medición de los riesgos se asocia a la incertidumbre mediante la formalización matemática de la probabilidad de ocurrencia de un evento dentro de un conjunto de posibles eventos –factibilidad–.

El aporte principal del capítulo tiene dos implicancias. Por un lado, la importancia de la coherencia de las medidas de riesgo de mercado. En particular, el axioma de subaditividad. La revisión de la literatura ha llevado a analizar críticamente el VaR tradicional, el VaR coherente que plantea la Teoría de Valores Extremos y el VaR Condicional a partir de las estimaciones de *Expected Shortfall*. Estas medidas serán de especial interés para el profesional que toma decisiones de gestión, control y mitigación de los impactos del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. La otra implicancia es que permite la comparación entre las medidas VaR y ES a distintos niveles de confianza. La principal conclusión es que VaR normal estándar al 99% de confianza es prácticamente igual a la que predice ES al 97,50%. En el siguiente capítulo se verá si se verifica la hipótesis de que esta condición se mantiene aún en presencia de distribuciones de pérdidas y ganancias con colas pesadas.

Para entender los aspectos fundamentales de los modelos de medición del riesgo de mercado, en la primera sección se ha mostrado la importancia de estudiar en detalle la incidencia de contextos inciertos y complejos en las organizaciones. Para ello, se ha indicado como fundamental, explorar los conceptos relacionados con la racionalidad y toma de decisiones de los agentes cognitivos. La principal conclusión es que en contextos de ignorancia estructural carece de sentido el uso de modelos predictivos para la gestión de riesgos. En cambio, cuando existe incertidumbre fundamental es posible diseñar

modelos que aporten información relevante para la toma de decisiones contingentes al futuro.

Dichos modelos se han analizado en las siguientes secciones, desde sus aspectos teóricos. En particular, el modelo por excelencia, tal como muestran los acuerdos de Basilea, es el Valor a Riesgo. En la segunda sección se ha examinado en detalle los aspectos inherentes a la implementación de este modelo y a su construcción teórica. Asimismo, se han problematizado las distintas metodologías -paramétricas, no-paramétricas, simulaciones- para la estimación de la medida. Se ha recorrido el marco teórico desde dos perspectivas: por un lado, los autores provenientes referentes del mercado (visión *practitioner*) y por el otro, los trabajos de investigación más formales respecto a las demostraciones matemáticas.

Se ha mostrado luego, que el VaR delta-normal carece de coherencia (Artzner *et al.*, 1999). Es por ello, que se ha probado que es posible realizar la estimación como percentil de la distribución empírica de retornos, o bien, asumiendo normalidad. Esta última, resulta incoherente como medida, en función de que no cumple sub-aditividad. La literatura ha mostrado que existen alternativas que hacen foco en la cola de la distribución. Las secciones tercera y cuarta, reúnen las dos alternativas de interés: la Teoría de Valores Extremos y el CVaR (*expected shortfall*). La principal conclusión a la que se llega, es que el VaR tradicional puede subestimar sistemáticamente a la verdadera pérdida posible de alta intensidad y baja frecuencia. Por este motivo, medidas como CVaR captan mejor la exposición al riesgo de mercado y la necesidad de capital económico. La regulación evoluciona, en los últimos años con mayor fuerza, hacia la implementación de modelos de VaR Condicional. Al menos, en los lineamientos de Basilea.

Con el objetivo de contrastar los modelos con evidencia empírica y poder analizar la importancia de los mismos en la toma de decisiones, el siguiente capítulo implementará las tres medidas mencionadas con datos del mercado mundial, y de Argentina y España, en particular. Luego, se pensará cómo impactan estas medidas en la opinión de expertos y cómo debe ser un modelo de gestión que contemple la dimensión deliberativa, para ser responsable.

3. PROPUESTA DELIBERATIVA PARA LA GESTIÓN RESPONSABLE DEL RIESGO DE MERCADO EN BANCOS

Introducción al capítulo

El capítulo anterior analizó en detalle las principales técnicas estocásticas para la medición de la exposición a riesgo de mercado. El presente capítulo tiene como objetivo específico contrastar la evidencia empírica a la luz de los modelos teóricos. Desde luego, el contraste empírico será no experimental, de corte transversal, utilizando datos públicos de los mercados financieros internacionales, en particular España, y del mercado local argentino, ambos en la actualidad. El aporte que se obtiene es de carácter metodológico ejemplificador. Luego, recogiendo los principales aportes de toda la investigación presentada hasta aquí, se protocolizan propuestas para un modelo de gestión híbrido que contemple la importancia del uso de modelos matemáticos en la medición del riesgo de mercado y la influencia de la opinión de expertos en un marco de gobernanza responsable. La dimensión principal de este capítulo es la deliberación como práctica responsable.

Para realizar la primera tarea, fueron buscadas y procesadas distintas series de datos públicos de empresas, sectores, *commodities*, índices, etc. El objetivo de la investigación radicó en encontrar evidencia empírica para la comparación de los valores hallados mediante el VaR normal, VaR EVT y *Expected Shortfall* (VaR Condicional). En particular, ésta última se compara con el VaR calculado a retornos históricos -no-paramétrico-. De esta manera, el capítulo recorre estimaciones de la exposición a riesgo con datos que van desde un banco español hasta empresas líderes argentinas, pasando por el precio internacional de un *commodity* agrario.

A lo largo de todo el capítulo, se muestran calibraciones con datos reales haciendo énfasis en la coherencia de las medidas y el riesgo de cola versus la estimación tradicional. Las hipótesis de trabajo siguen siendo las del capítulo anterior: el VaR tradicional en activos muy expuestos a riesgos de mercado es ineficiente en la predicción de pérdidas cuando existen colas pesadas; *ES* y *EVT* poseen coherencia como medidas de riesgo y son más eficiente que VaR en la predicción de riesgos extremos. Se contrasta de esta manera, la primera de las hipótesis de manera empírica.

Finalmente, a la luz de los resultados empíricos y del marco teórico del primer capítulo, se protocoliza un Comité de Expertos como forma de gestión híbrida dentro del paradigma de Investigación Responsable e Innovación (RRI). El objetivo es delimitar un marco de gestión que contemple los modelos matemáticos para la medición de riesgos con una perspectiva financiera, pero que ajuste los resultados y ciertas variables de interés de manera responsable y basada en opinión de expertos.

El presente capítulo está dividido en cuatro secciones. A partir del marco teórico planteado en el capítulo anterior, en la primera sección, se muestran algunos ejemplos de estimación de pérdidas por Valor a Riesgo, EVT y ES para activos financieros, con énfasis en el algoritmo para la determinación del umbral de la cola de la distribución. Como se explica en la literatura, el uso de modelos de alerta temprana en catástrofes, desde físicas, hasta financieras, es muy importante en la gestión de riesgos. Es por ello que el uso de herramientas estadísticas, será necesario para trabajar con los datos de una determinada posición, y construir una distribución empírica. Los eventos extremos se hallan en la cola de la misma. En particular, se mostrará un trabajo realizado con datos públicos de un banco mediano español. Luego, se mostrará el cálculo de dicho riesgo mediante una técnica de Pérdidas Esperadas (*Expected Shortfall*) basada en los datos históricos utilizados. Como se ha mencionado, el concepto de pérdidas esperadas o VaR Condicional, es un refinamiento coherente de la medida de VaR tradicional, en el que se estiman las pérdidas condicionales a que las mismas superen a las predichas por el VaR a un cierto nivel de confianza (α).

La cartera comercial de un banco (*banking book*) se compone de préstamos a empresas e individuos. Para el caso de los préstamos a empresas, más allá de la envergadura de las mismas o las características de la deuda, el banco está expuesto a riesgo de mercado por las alteraciones de ciertas variables. En Argentina, el sector productivo es sensible al precio de los *commodities* agrarios, por la ventaja competitiva que posee nuestro país. Es por eso, que se analiza la exposición de las medidas para el mercado de dichos *commodities*, en particular el precio internacional de la soja, ya que Argentina es tomador de precios de esta oleaginosa y uno de los principales exportadores mundiales.

Finalmente, en esta primera sección, es introducida la problemática de la gestión de estos riesgos en portafolios de dos o más activos. Nuevamente, es una alternativa teórica para exhibir los riesgos que enfrenta una organización bancaria y las decisiones de gestión que

debe tomar el experto a cargo del área. Para ello, es presentada la metodología de convolución matemática para replicar las realizaciones de retornos de dos distribuciones de pérdidas y ganancias.

La segunda sección estudia en detalle la práctica deliberativa como dimensión de la gestión responsable del riesgo de mercado en bancos. En particular, se examina críticamente la literatura que está asociada a la práctica profesional -juicio de expertos- y cómo la información cualitativa se relaciona con modelos cuantitativos. Para hacerlo, se presenta la teoría desarrollada por Lotfi A. Zadeh (1965), que construye a partir de lógica borrosa, un concepto que permite caracterizar un elemento con cierto grado de pertenencia a un conjunto. A partir de este marco teórico, se muestra como las variables lingüísticas afectan a los modelos formales y se ensaya un ejemplo con modelos de valuación de proyectos.

La tercera sección tiene como motivación introducir la problemática de la articulación de dos o más expertos. Es fundamental para esta investigación dar cuenta que los expertos no son individuos aislados, que existen de manera única en cada institución y que se comportan como gurúes de mercado. La práctica deliberativa debe contemplar la interacción de un conjunto de expertos que discutan sobre tópicos concretos. En este sentido, cobra relevancia la construcción de un formulario que resuma las ideas a tratar y la configuración y dinámica del panel de expertos que se considere, así como la forma en la cual se llega o no a un consenso. Todos estos aspectos se trabajan desde los estudios secuenciales Delphi en varias rondas.

A partir de todo el desarrollo anterior y recuperando el contenido de los primeros capítulos -prácticas anticipativas y reflexivas-, en la cuarta sección se propone un modelo híbrido de gestión. Las recomendaciones incorporan los aportes parciales de esta investigación y retoman la protocolización de los Comités de Nuevos Productos desarrolladas en el primer capítulo. El resultado es una propuesta de conformación de un Comité de Expertos que examina de manera responsable, anticipativa, reflexiva y deliberativa, la gestión de riesgo de mercado en bancos, incorporando la opinión de expertos a los modelos actuariales. En particular, discutiendo en el panel de expertos la determinación del riesgo de cola y nivel de confianza de las medidas ensayadas.

3.1. La problemática de la estimación del riesgo de cola

En el presente apartado, se aplican los modelos estocásticos que se han discutido en el capítulo anterior. En particular, se continúa con la problemática de la coherencia en la medida VaR y para ello, se la somete a distintas series de datos y se calcula con técnicas paramétricas y no-paramétricas. Como se mencionó, se utilizan datos públicos mundiales y particularmente españoles y argentinos para estimar el VaR normal e histórico, como así también su comparación con la EVT y las medidas de VaR condicional (ES). El objetivo es problematizar la definición del tamaño de la cola de las distribuciones de pérdidas y ganancias -cantidad de observaciones- para delimitar el riesgo de cola. Luego, la discusión se centra en el nivel de confianza. Los resultados se contraponen en las distintas técnicas matemáticas, para dar cuenta de la necesidad de una regulación responsable del riesgo de mercado. Al mismo tiempo y considerando que la discrecionalidad será un tema fundamental, se introduce más adelante el uso del juicio de expertos en la determinación del umbral de la cola y el nivel de confianza.

Para desarrollar la problemática a partir de la aplicación con datos empíricos, el apartado se divide en tres partes. En la primera, se realiza un análisis estadístico de las series de datos correspondientes a Bankinter S.A., el precio internacional de la soja y se introduce la problemática de considerar un portafolio del mercado argentino. Luego, en la segunda parte, se llevan a cabo las técnicas matemáticas para la definición de eventos extremos en las mencionadas series de datos. En este punto se discute el tamaño de la cola, es decir, las observaciones incluidas en la cola izquierda de la distribución. Se contraponen los resultados del VaR normal -paramétrico- y la calibración de la EVT. Finalmente, a partir de las estimaciones históricas -no-paramétricas- del VaR y el CVaR se pone de manifiesto la necesidad de discutir el nivel de confianza, ya que las recomendaciones de Basilea II y III incluyen cambios en esas mediciones.

3.1.1. Análisis estadístico de activos financieros

A los fines de estimar el cálculo de VaR con datos públicos reales, el presente apartado desarrolla y muestra los procedimientos necesarios y la forma en que se realizan los cálculos. En el contexto de esta tesis, resulta importante el abordaje metodológico ejemplificado, ya que da cuenta del uso de modelos formales en la gestión profesional de

riesgos, en este caso, el de mercado. En particular, las organizaciones bancarias utilizan modelos matemáticos para la estimación de pérdidas y ganancias esperadas y con ello toman decisiones de gestión. El fin último es utilizar la información disponible para la reducción de la incertidumbre y la exposición a riesgos financieros.

El algoritmo que se presenta a lo largo del capítulo comprende los siguientes pasos (Bensalah, 2000; Matsuda Yamada y García-Fronti, 2014):

- (i) Descriptiva de los datos.
- (ii) Análisis de la sub-muestra afectada a la cola.
- (iii) Elección del umbral.
- (iv) Estimación de la cola.

Respecto del primer paso, es necesario realizar un estudio minucioso de la base de datos que será *input* del modelo de medición de VaR. Con este análisis descriptivo, es posible trabajar con la distribución empírica de pérdidas y ganancias a partir de los datos históricos disponibles. En el segundo paso, se hace especial énfasis en la sub-muestra correspondiente a la cola de la distribución, es decir, a las observaciones correspondientes a los eventos más extremos - en este caso, son relevantes aquellos de pérdida-. Finalmente, es posible definir el umbral y estimar la cola para hacer un estudio de su peso relativo. La comparación se realiza a partir de las colas de una distribución normal.

El aporte principal del capítulo refiere a la importancia del juicio de expertos en la determinación de la cola y el umbral. Como se muestra más adelante, existen diversos modelos que permiten objetivar la decisión respecto al número de observaciones a incluir en la cola. Sin embargo, en la práctica profesional la estimación de la cola y la definición del umbral son producto de decisiones de gestión y, en muchas oportunidades, no responden específicamente a los resultados de los modelos matemáticos (Ouchi, 2004).

3.1.1.1. Banco español

Este apartado tiene un doble propósito. Por un lado, mostrar los conceptos teóricos desarrollados hasta aquí, estructurando el cálculo de EVT en un algoritmo (Bensalah, 2000). Por otro lado, aplicar el mismo a un caso concreto. Para la aplicación se utilizaron los datos de los últimos 5 años (desde el 10/10/2011 hasta el 07/10/2016) de la acción de

Bankinter S.A.⁵³ (BKT) que cotiza en la Bolsa y Mercado Españoles (BME)⁵⁴. Se trata de 1276 observaciones.

Respecto del primer paso del mencionado algoritmo, a continuación, se muestra gráfico de precios:

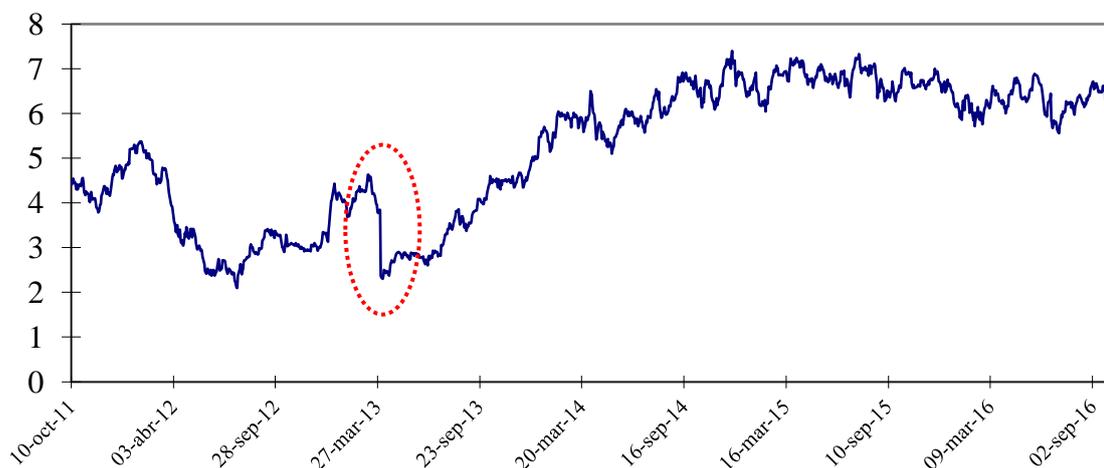


Gráfico 3.1: Evolución de precios de las acciones BKT
Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

Para realizar el estudio del VaR de Bankinter S.A. es necesario expresar los precios diarios en retornos $\left(R_t = \ln\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)\right)$ y anualizarlos, multiplicando por 250 –que son aproximadamente los días *trading*-. Luego, la estadística descriptiva sobre los retornos diarios anualizados:

<i>Media</i>	0,0754
<i>Desvío estándar</i>	6,4498
<i>N</i>	1.276
<i>Asimetría</i>	-4,8665
<i>Curtosis</i>	92,98

Tabla 3.1: Estadística descriptiva sobre retornos diarios anualizados
Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

⁵³ Bankinter S.A. es un banco mediano de capitales que cotizan en bolsa. “Bankinter se constituyó en Junio de 1965 como un banco industrial, al 50% entre el Banco de Santander y el Bank of America. En 1972 salió a cotizar a la Bolsa de Madrid, convirtiéndose en ese momento en un banco totalmente independiente de sus fundadores; fue entonces cuando se transformó en un banco comercial.” Extraído de (acceso marzo de 2016) https://webcorporativa.bankinter.com/www2/corporativa/es/sobre_bankinter/historia_bankinter

⁵⁴ Información extraída de *Google Finance* (acceso octubre de 2016): <https://www.google.com/finance/historical?q=BME%3ABKT&ei=G9H6V9iDEYXBeK75h8gK>

Luego, dado que el análisis de riesgo se realiza mediante los retornos, será importante estudiar el histograma. A partir del mismo, es posible estudiar la distribución empírica y testear la normalidad.

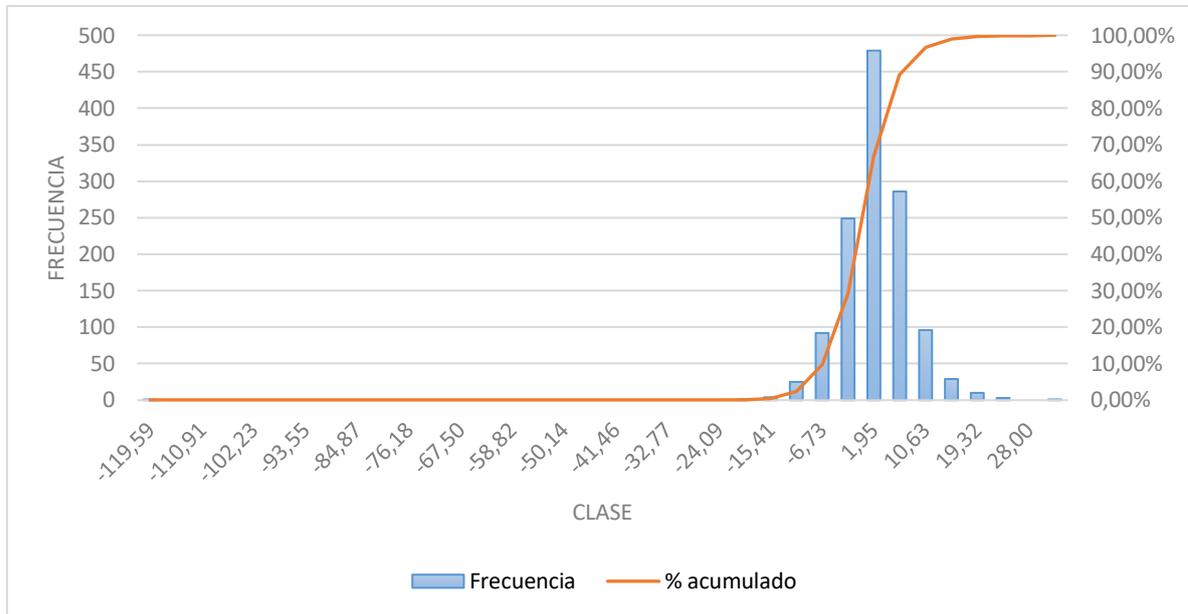


Gráfico 3.2: Histograma de retornos diarios anualizados BKT:BME

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

A partir del gráfico es posible ver que la distribución presenta asimetría negativa -en torno a -4,87- y una excesiva curtosis -superior a 90-. Estos datos traen aparejadas dificultades para la estimación de la exposición a riesgo de mercado y, además, es evidente que puede existir algún error en la serie.

Si se analiza más minuciosamente, como puntualiza en el gráfico chart de precios (Gráfico 3), sea advierte una llamativa y abrupta caída del precio de las acciones de Bankinter S.A. de más del 100% en escala logarítmica. Este hecho data de los primeros días de abril de 2013 y la acción no recupera su valor previo -en torno a 3,80 euros-hasta varios meses más tarde. Se puede observar en el histograma de retornos, que dicha caída representa la máxima pérdida y es una sola observación, mientras que la siguiente pérdida es significativamente menor -alrededor de 25%-. A los fines de este trabajo de investigación, resultó necesario consultar este suceso que es llamativo desde el punto de vista teórico, como así también, poco probable desde una perspectiva empírica. Por este motivo, fue consultado un informante clave de la institución quien manifestó que la misma, para esa fecha, había ampliado su capital accionario afectando reservas, no así su

capital social⁵⁵. De esta manera, mediante un efecto cantidad de acciones en circulación, el precio se revalorizó a la baja (EFE economía, 2013; Ruiz Hidalgo, 2013).

A los fines de esta investigación, resulta interesante el caso de Bankinter S.A. por dos motivos: el primero es que se realizó un trabajo de entrevistas a informantes clave, tal como se expresó en el primer capítulo. El segundo, porque para poder hacer el análisis de exposición a riesgo de mercado, para la serie de los últimos 5 años, fue necesario homogeneizar los datos. Para ello, es posible realizar dos modificaciones: a todos los datos anteriores al 3 de abril de 2013 se los multiplica por cinco y se los divide por nueve o a los datos a posteriori de dicha fecha, se realiza la operación inversa. Es decir, multiplicar por nueve y dividir por cinco. En el siguiente histograma, se muestra la serie de retornos con esta última modificación:

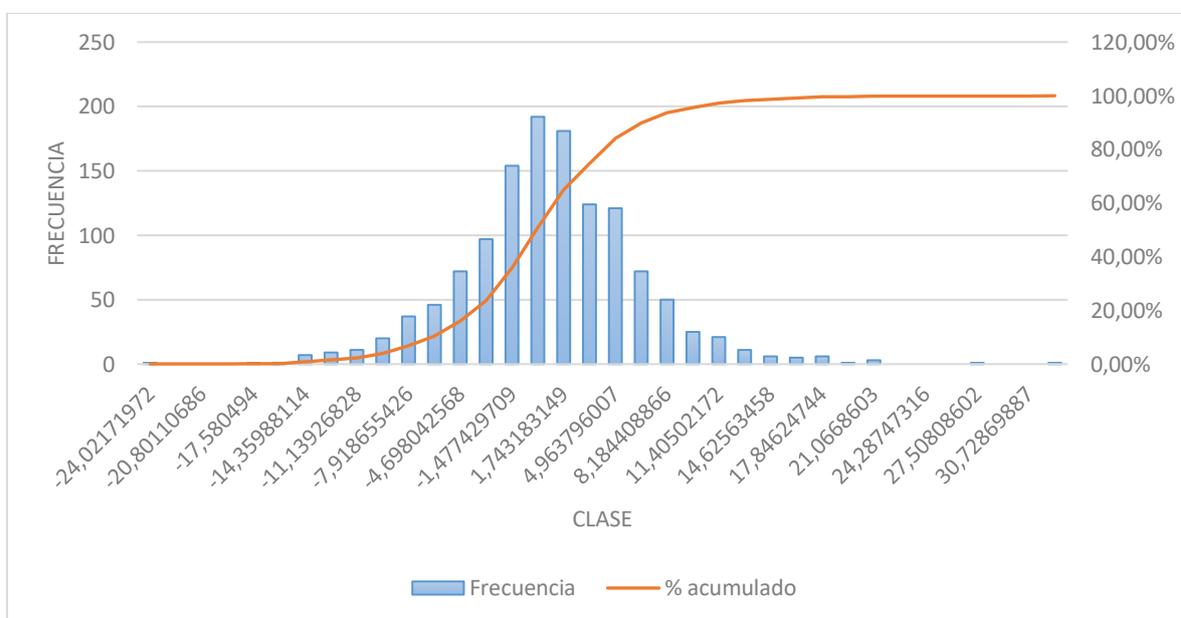


Gráfico 3.3: Histograma de retornos diarios anualizados BKT: BME

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*. Homogeneizados por factor 9/5 a partir del 03/04/13

Desde luego, la estadística descriptiva se ve afectada. La distribución presenta casi simetría -levemente asimétrica a derecha- y platicurtosis:

⁵⁵ Desde una perspectiva teórica, es posible pensar que la expansión de patrimonio neto en este caso es similar a la situación en la cual, para una determinada acción, los pagos de dividendos se realizan con más acciones, en lugar de en efectivo.

<i>Media</i>	0,1906
<i>Desvío estándar</i>	5,5622
<i>N</i>	1.276
<i>Asimetría</i>	0,2656
<i>Curtosis</i>	2,13

Tabla 3.2: Estadística descriptiva sobre retornos diarios anualizados

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*. Homogeneizados por factor 9/5 a partir del 03/04/13.

A partir de esta corrección en la serie, se deja en evidencia la importancia de los expertos en el proceso de evaluación del riesgo de mercado, ya que un modelo matemático calibrado con datos imprecisos o incompletos implica un cálculo erróneo de la exposición a dicho riesgo.

Será importante para el segundo paso del algoritmo la caracterización de la cola de la distribución empírica. Una alternativa interesante para analizar el peso de la cola a izquierda y testear normalidad se visualiza a partir del gráfico de cuantiles - cuantiles (*Q-Q plot*). Para el caso en cuestión:

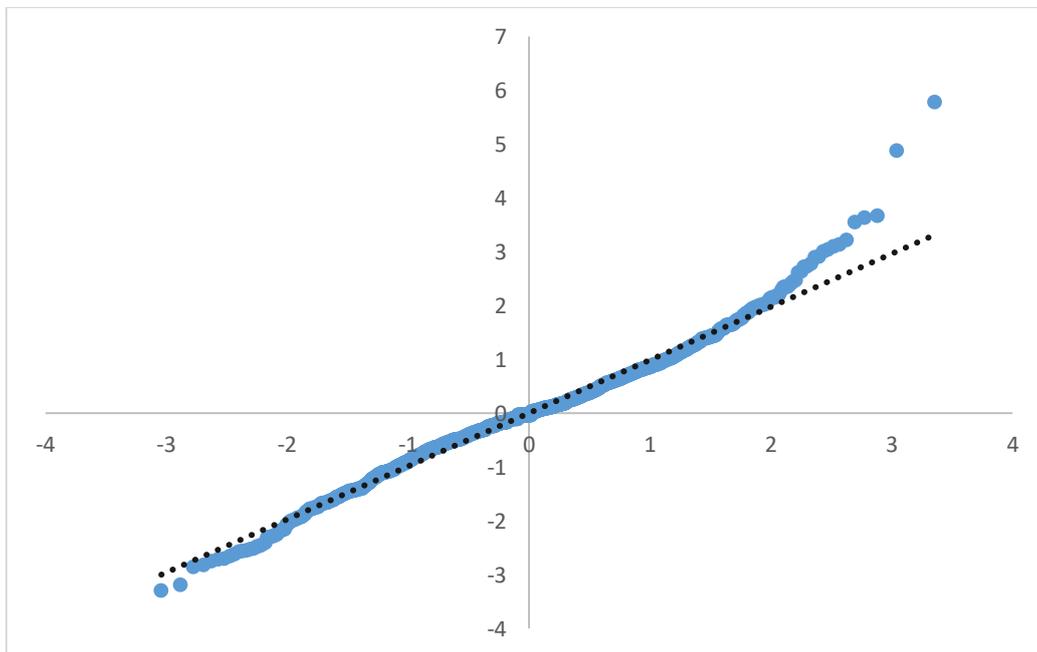


Gráfico 3.4: *Q-Q plot*

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

En la medida que el mismo presenta linealidad, los datos siguen una distribución asimilable a la normalidad. La forma de “S”, comenzado desde el tercer cuadrante, indica que la distribución empírica presente colas pesadas (Embrechts, Bassi y Kafetzaki, 1995).

En este caso, no se observa esta forma, por lo que es posible que la mencionada distribución se asemeje a una normal. La asimetría es casi nula, aunque presenta una leve leptocurtosis⁵⁶. Si bien el análisis descriptivo indica 2,13 de curtosis, el cálculo fue realizado en *Microsoft Excel* y muestra dicho coeficiente como exceso respecto de la Normal, que es 3.

Tras este análisis será posible continuar con el algoritmo. Este procedimiento es desarrollado a lo largo de todo el capítulo. A continuación, se realiza el mismo ejercicio que con Bankinter S.A., pero para el caso del precio internacional de la soja.

3.1.1.2. Precio internacional de la soja

El presente apartado tiene un doble objetivo: por un lado presentar el mismo análisis que el apartado anterior, pero en un caso que exhibe colas pesadas. Por otro lado, trabajar con el precio internacional de un bien agrario genérico (*commodity*), ya que Argentina presenta correlación entre la actividad productiva y dichos precios (Fusco, 2012). En esta investigación se eligió el precio internacional de la soja en dólares⁵⁷.

El motivo del análisis de dicha variable radica en que es necesario pensar en la exposición al riesgo de mercado de una institución bancaria. Dado que gran parte del entramado productivo argentino es sensible a la actividad agraria, entre otras actividades, una gestión eficiente de dicho riesgo debe contemplar un análisis sobre sectores críticos de la economía local. Los bancos comerciales, sobre todo aquellos más vulnerables, tiene su cartera de préstamos muy expuesta a las condiciones macroeconómicas de la economía local y, en el caso de países en desarrollo como Argentina, a los condicionantes mundiales.

En este caso, se utilizan los datos del período comprendido desde enero 2010 a diciembre de 2015 y con precios en dólares americanos. El chart de precios es el siguiente:

⁵⁶ Leptocúrtica significa que es una distribución relativamente más apuntada y con colas menos anchas que la Normal.

⁵⁷ Información extraída de *Ámbito.com* (accedido en diciembre de 2016):
<<http://www.ambito.com/economia/mercados/granos/info/?id=Soja>>

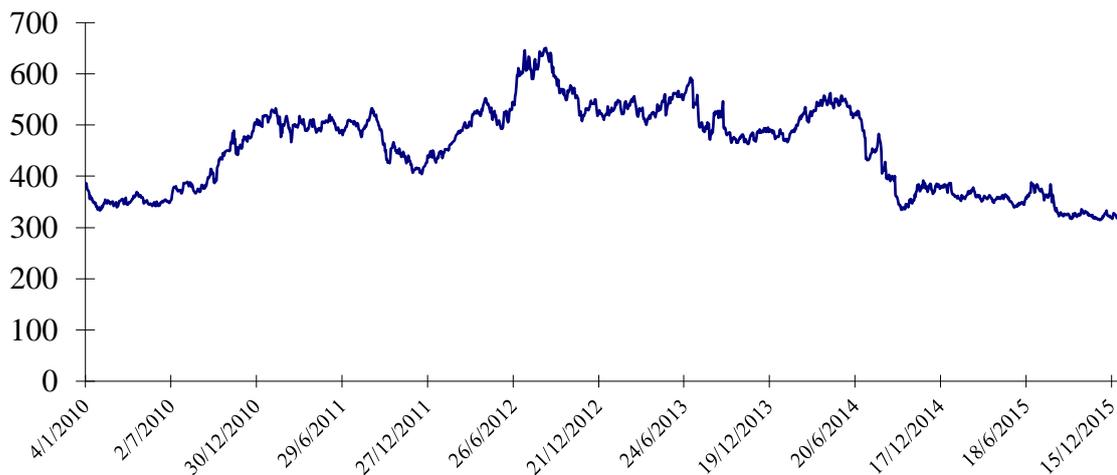


Gráfico 3.5: Precio internacional de la soja 2010-2015

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

El precio internacional tuvo su pico máximo en septiembre de 2012, cuando alcanzó los u\$s 650,74. Luego, éste fluctúa entre los u\$s 300 y u\$s 500, afectando fuertemente a la actividad de empresas del rubro agrícola, pero derrama también en el resto del entramado productivo.

La estadística descriptiva para las 1511 observaciones es la siguiente:

<i>Media</i>	-0,0308
<i>Desvío estándar</i>	3,7159
<i>N</i>	1.511
<i>Asimetría</i>	-1,0342
<i>Curtosis</i>	6,4577

Tabla 3.3: Estadística descriptiva precios de la soja
Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

Presenta leptocurtosis -cercana a 9,46- y asimetría a izquierda. El histograma de frecuencias de los retornos logarítmicos anualizados es el siguiente:

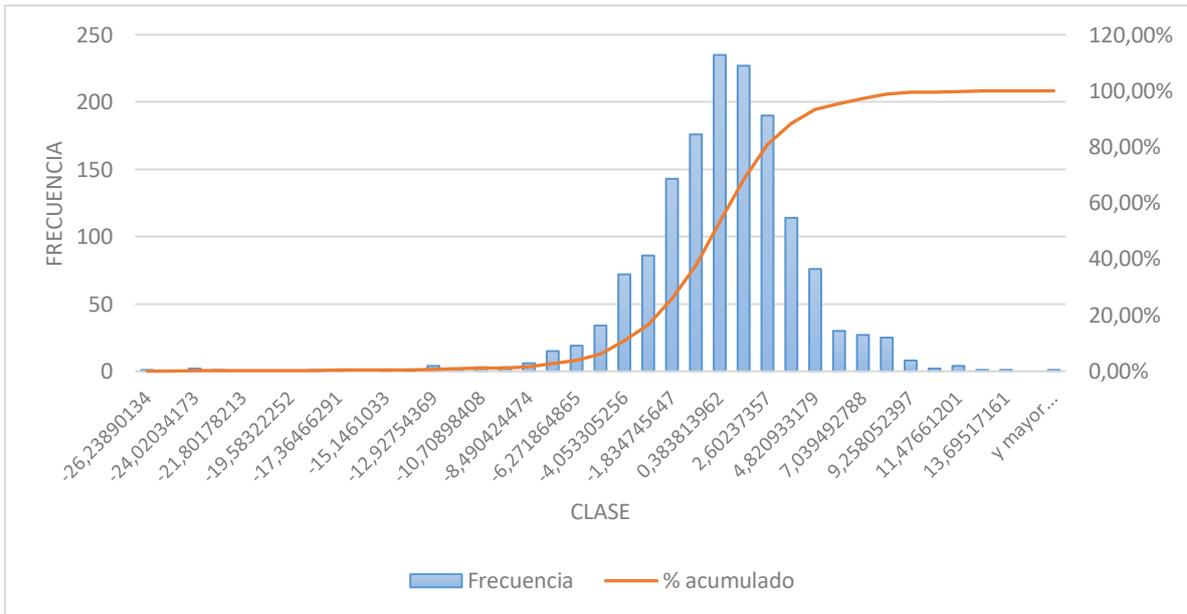


Gráfico 3.6: Histograma de retornos diarios anualizados: SOJA

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

Al analizar el gráfico de cuantil-cuantil surge, mediante el testeo de normalidad, la hipótesis de cola pesada a izquierda. El gráfico es el siguiente:

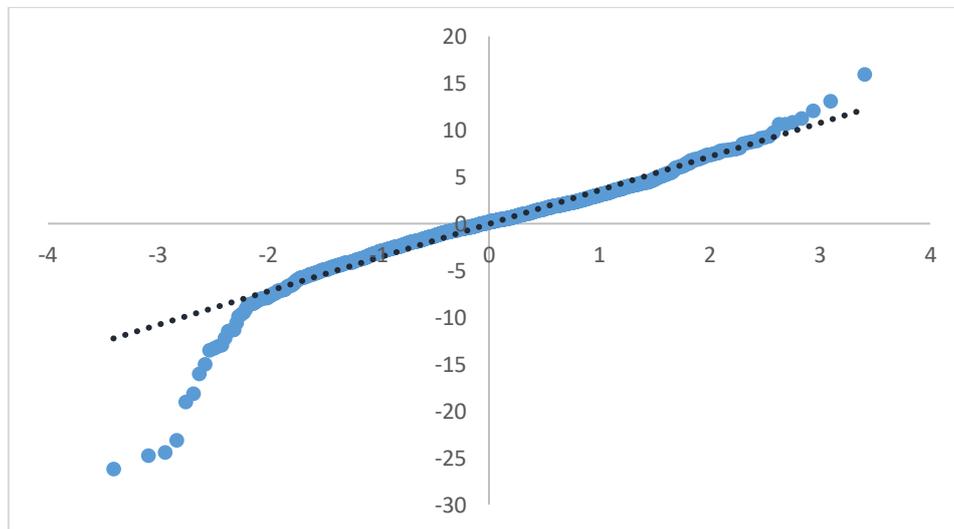


Gráfico 3.7: QQ-Plot

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

La forma de “S”, comenzado desde el tercer cuadrante, indica que la distribución empírica presente colas pesadas (Embrechts, Bassi y Kafetzaki, 1995). En este caso, se observa

esta forma, que indica la presencia de colas más pesadas -a izquierda- que una distribución normal.

Una vez más esta descripción de los datos hará posible la estimación del riesgo de mercado. A los fines expositivos, estos cálculos son exhibidos más adelante. A continuación, se analiza la incidencia de dos activos en la determinación del riesgo de mercado. En líneas generales, es posible pensarlo como la conformación de una cartera financiera. Sin embargo, para el marco teórico de esta tesis se implementa un procedimiento de réplica sintética de la distribución de pérdidas y ganancias a partir de las distribuciones de cada activo riesgoso. La metodología que se desarrolla es la convolución estadística.

3.1.1.3. *Portafolios del mercado argentino*

Cuando se consideran dos variables aleatorias (Z_1, Z_2) , surgen problemas en la propiedad de sub-aditividad para determinar la coherencia de la medida (Artzner y Delbaen, 1997; Artzner *et al.*, 1999). Para poder estudiar la distribución conjunta de ambas variables es muy útil la herramienta estadística basada en cópulas (Embrechts, Höing y Juri, 2003; Speranza y Garcia-Fronti, 2013). El concepto subyacente es el de estructura de dependencias. Una cópula C es una función que satisface (Yamai y Yoshihara, 2005:1006):

$$F(x_1; x_2) = C(F_1(x_1), F_2(x_2))$$

Donde $F(x_1; x_2)$ es la función de distribución conjunta tal que $P[Z_1 \leq x_1, Z_2 \leq x_2]$. Luego, $(F_1(x_1), F_2(x_2))$ son las distribuciones marginales de $(P[Z_1 \leq x_1, Z_2 \leq x_2])$. Al existir estructura de dependencias, típico en cualquier representación del mercado financiero, las funciones marginales en el contexto de problemas de cartera son insuficientes para captar la evolución del portafolio y su exposición a eventos extremos. La cópula soluciona este aspecto y capta la parte no explicada por las funciones marginales y es invariante ante transformaciones en dichas funciones (Yamai y Yoshihara, 2005:1007).

Retomando las definiciones, e incorporando una segunda variable, la función de excesos bivariada $m_{\theta_1, \theta_2}(Z_1, Z_2) = (\max(Z_1, \theta_1), \max(Z_2, \theta_2))$ especificando algún umbral de la forma $\theta = (\theta_1, \theta_2)$. Para estudiar la convergencia de la función multivariada respecto de

la definición de $F_m(x)$ es necesario utilizar la teoría de cópulas bivariadas de valores extremos (*bivariate extreme value copula*). Para ello, se introducen los siguientes conceptos (Ledford y Tawn, 1996:172):

$$C(u_1, u_2) = \exp \left[-V \left(\frac{-1}{\ln u_1}, \frac{-1}{\ln u_2} \right) \right] \quad (3.1)$$

Donde⁵⁸

$$V(z_1, z_2) = \int_0^1 \max\{s z_1^{-1}; (1-s)z_2^{-1}\} dH(s) \stackrel{\text{def}}{=} (z_1^{-\alpha} + z_2^{-\alpha})^{1/\alpha} \quad (3.2)$$

Con $H(s)$ como una medida en $[0,1]$ no-negativa, tal que (Ledford y Tawn, 1996:171):

$$\int_0^1 s dH(s) = \int_0^1 (1-s) dH(s) = 1 \quad (3.3)$$

Este tipo de cópulas extremas bivariadas pertenece a la familia de distribuciones de Gumbel. La cópula de Gumbel se expresa de la siguiente manera (Embrechts, Höing y Juri, 2003; Yamai y Yoshiba, 2005:1007):

$$C(u_1, u_2) = \exp \left\{ -[(-\ln u_1)^\alpha + (-\ln u_2)^\alpha]^{\frac{1}{\alpha}} \right\} \quad (3.4)$$

El parámetro α controla la dependencia entre ambas variables aleatorias. Asimismo, $\alpha \in [1, +\infty]$. Si $\alpha = 1$ es posible decir que la dependencia es completa, mientras que si α tiende a un valor muy grande, entonces existe mayor independencia.

El propósito de esta sección es mostrar una aplicación al cálculo de convolución estadística⁵⁹. Cabe destacar que el procedimiento de realizar cópulas es significativamente más complejo que el de convolucionar dos distribuciones empíricas. La idea fundamental que se sostiene en este apartado, es la de construir una distribución discreta a partir de todas las posibles combinaciones de rendimientos discretos de dos activos. De esta manera, si un inversor constituye un portafolio con igual proporción de dos activos financieros, la probabilidad de ocurrencia de cada resultado se ve afectada por todas las posibles combinaciones que generen dicho resultado conjunto.

A los fines de la presente investigación, es necesario mostrar un ejemplo de aplicación para el mercado argentino. Se emplea para ello los datos de dos empresas del panel líder

⁵⁸ El símbolo $\stackrel{\text{def}}{=}$ indica que se define a $V(z_1, z_2)$ con esa función, para luego poder relacionarlo con $C(u_1, u_2)$.

⁵⁹ Un trabajo interesante es el Mohamed N Jouini y Robert T.Clemen (1996) en el que muestran el uso de Cópulas Arquimedianas para captar juicio de expertos. No es foco de esta tesis doctoral examinar los modelos de cópulas, ya que es posible realizar el cálculo de VaR de manera más sencilla.

de acciones -renta variable-. Dichas empresas tienen que ser representativas de dos sectores productivos -mercados- distintos; de esta manera, puede ser pensado como parte de una cartera comercial bancaria. Fueron seleccionados Molinos Río de la Plata⁶⁰ y Siderar⁶¹. La primera de ellas representativa del sector primario, mientras que la segunda es líder del sector industrial metalmeccánico. Es posible entonces pensar en una posición financiera en la que se integre una cartera en igual proporciones con ambas acciones. A los fines de introducir la problemática, se considerará un ejercicio normalizado, es decir, asumiendo un portafolio con una acción de cada empresa. Los rendimientos conjuntos serán, entonces, sensibles a las variaciones de precios de cada activo. Por este motivo, la convolución debería captar todas las posibles combinaciones de dichas variaciones.

Individualmente las mencionadas empresas tienen las siguientes características, representadas por el chart de precios de un año *trading* (del 9/11/2015 al 04/11/2016), histograma de rendimientos y estadística descriptiva básica.

Molinos Río de la Plata (MOLI), presenta el siguiente gráfico de precios:



Gráfico 3.8: Precios de un año (\$ Arg.): MOLI

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

⁶⁰ “Molinos Río de la Plata S.A., fundada en 1902, es una de las empresas líderes de la industria alimenticia de Sudamérica, con llegada a más de 50 países en todo el mundo. Asimismo, es uno de los actores clave en el procesamiento de soja y comercialización de sus derivados.”

Fuente: <http://www.ravaonline.com/v2/empresas/perfil.php?e=MOLI&x=0&y=0>

⁶¹ “Es la mayor empresa siderúrgica Argentina. Es una industria integrada que partiendo del mineral de hierro y del carbón que llegan a su puerto, elabora coque, arrabio y acero para producir chapas laminadas en caliente, en frío y revestidas.”

Fuente: <http://www.ravaonline.com/v2/empresas/perfil.php?e=ERAR&x=0&y=0>

Por su parte, Siderar (ERAR) exhibe los siguientes precios para el mismo período en cuestión:



Gráfico 3.9: Precios de un año (\$ Arg.): ERAR

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

Resulta interesante de ver que los retornos logarítmicos anualizados de ambas empresas tienen reversión a la media y algún grado de correlación alta:

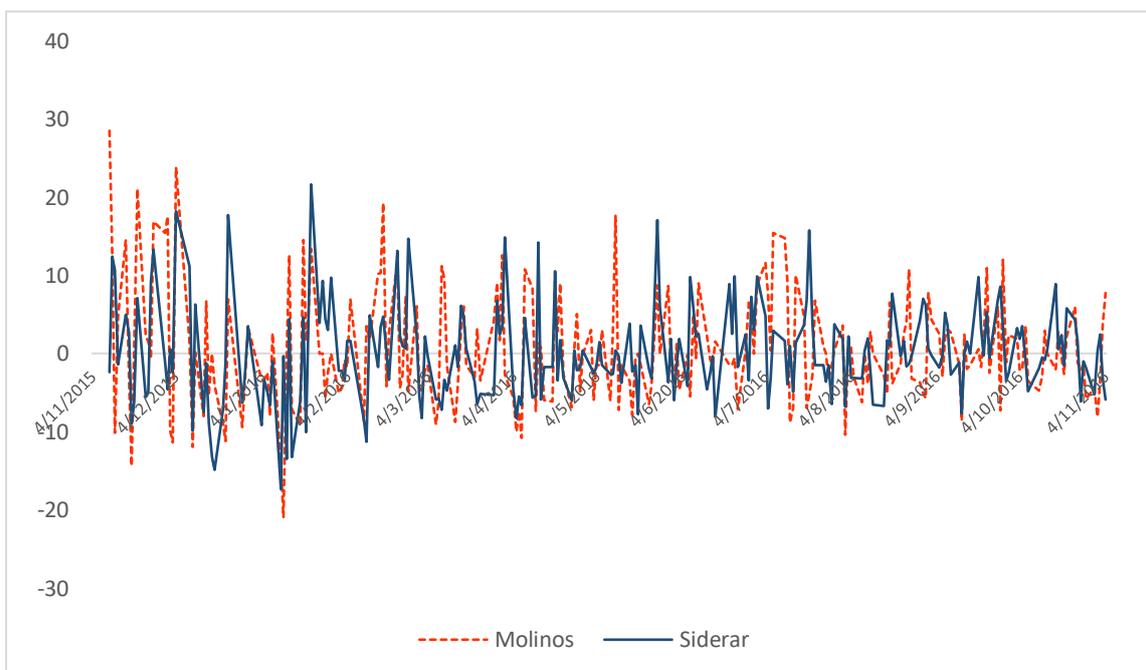


Gráfico 3.10: Retornos anualizados (logarítmicos)

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*

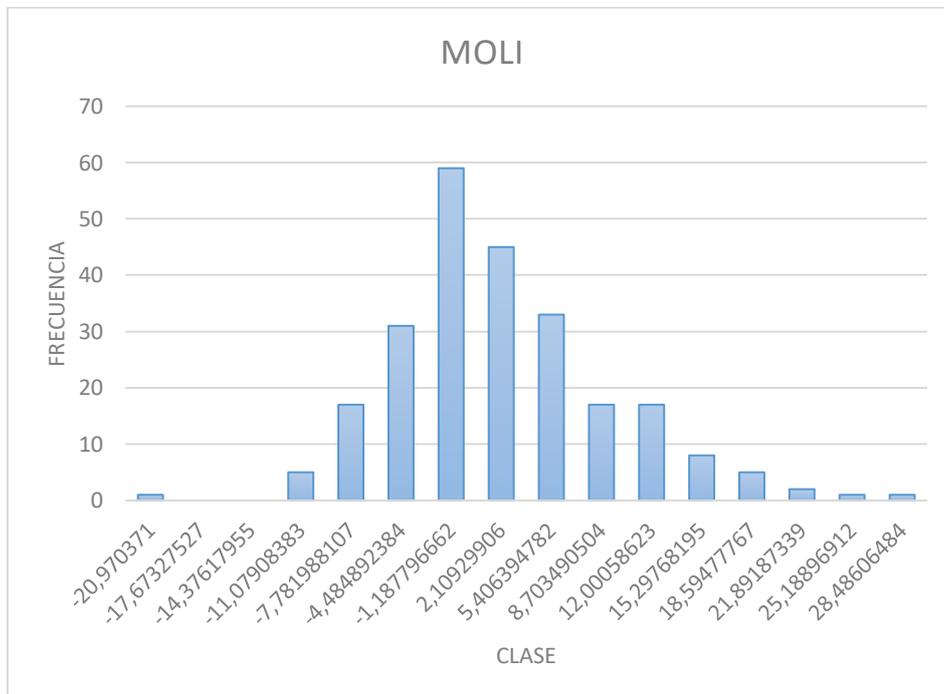
Asimismo, es necesario estudiar la estadística descriptiva de la muestra seleccionada para ambas acciones:

<i>MOLINOS RIO de la PLATA</i>		<i>SIDERAR</i>	
Media	0,46479016	Media	0,09338724
Desviación estándar	7,11714444	Desviación estándar	6,08821922
Varianza de la muestra	50,6537449	Varianza de la muestra	37,0664132
Curtosis	1,21624006	Curtosis	1,00402857
Coficiente de asimetría	0,71551864	Coficiente de asimetría	0,52594755
Mínimo	-20,970371	Mínimo	-17,3634518
Máximo	28,4860648	Máximo	21,6230078
Cantidad de observ.	242	Cantidad de observ.	242

Tabla 3.4: Estadística descriptiva de la muestra de acciones MOLI y ERAR

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

La tabla anterior muestra que si bien ERAR es menos riesgoso, en base al desvío estándar de los retornos anualizados, no es significativamente menor. Los histogramas de frecuencia de retornos anualizados son los siguientes:



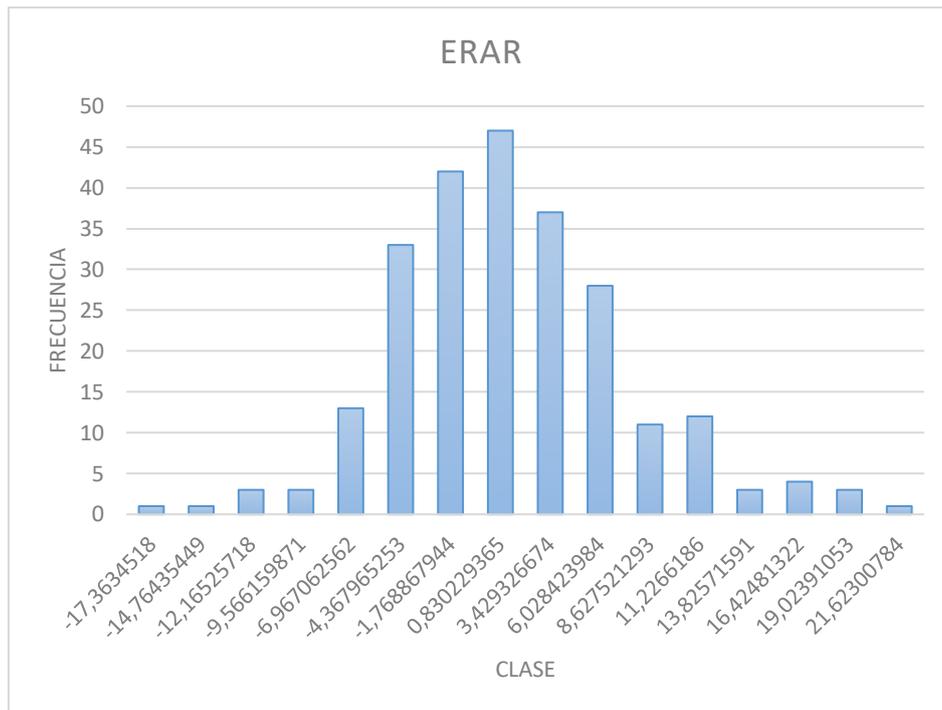


Gráfico 3.11: Histograma de frecuencias de retornos anualizados (MOLI y ERAR)

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

Con esta información procesada, surgen dos alternativas de cálculo para la convolución. La primera de ellas es considerar a cada una de las 241 realizaciones de retornos lineales anualizados⁶² como observaciones individuales y combinar todas contra todas -más de 58.000 combinaciones-. La probabilidad de ocurrencia de cada una es casos favorables sobre posibles. Alternativamente, se construyen intervalos de retornos y se convolucionan a intervalos. Mismo procedimiento que el anterior pero la probabilidad se asigna por frecuencia de observaciones en los intervalos seleccionados.

Esta segunda alternativa genera el siguiente histograma de frecuencias:

⁶² Se utiliza la siguiente fórmula: $R_t = 250 * \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right)$.

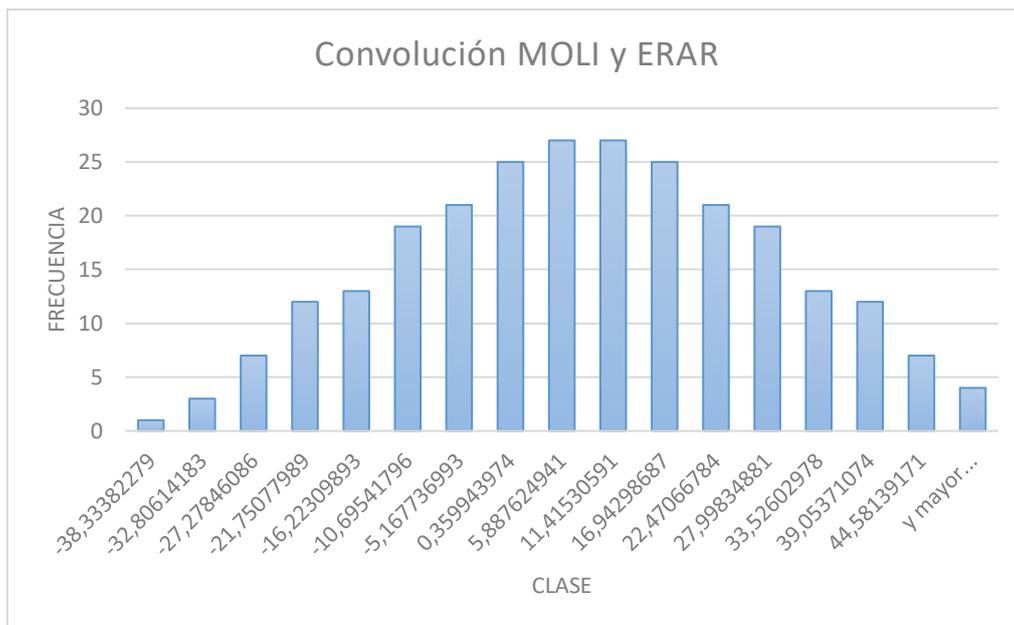


Grafico 3.12: Histograma de frecuencias convolución MOLI y ERAR

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

Los datos que generan este histograma y los individuales se resumen en la siguiente tabla:

MOLINOS		+	SIDERAR		=	<i>Clase</i>	<i>Frec.</i>	<i>p(s)</i>	<i>P(s)</i>
<i>Clase</i>	<i>Frec.</i>		<i>Clase</i>	<i>Frec.</i>					
-20,970371	1		-17,3634518	1		-38,3338228	1	0,00390625	0,00390625
-17,6732753	0		-14,7643545	1		-32,8061418	3	0,01171875	0,015625
-14,3761796	0		-12,1652572	3		-27,2784609	7	0,02734375	0,04296875
-11,0790838	5		-9,56615987	3		-21,7507799	12	0,046875	0,08984375
-7,78198811	17		-6,96706256	13		-16,2230989	13	0,05078125	0,140625
-4,48489238	31		-4,36796525	33		-10,695418	19	0,07421875	0,21484375
-1,18779666	59		-1,76886794	42		-5,16773699	21	0,08203125	0,296875
2,10929906	45		0,83022937	47		0,35994397	25	0,09765625	0,39453125
5,40639478	33		3,42932667	37		5,88762494	27	0,10546875	0,5
8,7034905	17		6,02842398	28		11,4153059	27	0,10546875	0,60546875
12,0005862	17		8,62752129	11		16,9429869	25	0,09765625	0,703125
15,2976819	8		11,2266186	12		22,4706678	21	0,08203125	0,78515625
18,5947777	5		13,8257159	3		27,9983488	19	0,07421875	0,859375
21,8918734	2		16,4248132	4		33,5260298	13	0,05078125	0,91015625
25,1889691	1		19,0239105	3		39,0537107	12	0,046875	0,95703125
28,4860648	1		21,6230078	1		44,5813917	7	0,02734375	0,984375
						y mayor...	4	0,015625	1

Tabla 3.5: Resumen de datos de convolución Molinos Siderar

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

De esta manera, se puede efectuar el cálculo de VaR con esta nueva distribución empírica que representa realizaciones de dos activos financieros.

El otro procedimiento mencionado, implica realizar un cálculo computacionalmente más complejo, ya que son más cantidad de observaciones. Resulta evidente que la problemática está centrada a calcular las sumas (S) que devienen de la combinación. Al ser prácticamente equiprobables y eventos independientes, la convolución es discreta de dos distribuciones uniformes. El resultado es una distribución triangular.

Mediante un procedimiento con una rutina VBA (ver Apéndice A.2) es posible realizar la convolución con todos los datos. El resultado es mucho más rico que en el método anterior. El histograma resultante es el siguiente -para 150 datos por acción y mismos períodos-:

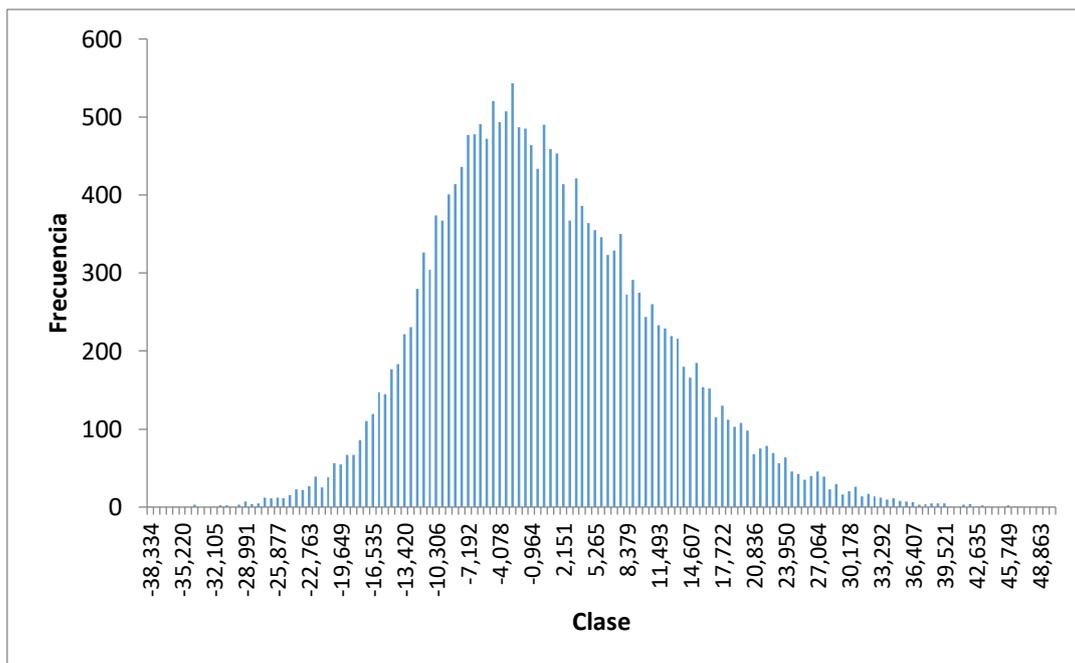


Grafico 3.13: Histograma de convolución MOLI y ERAR

Fuente: Elaboración propia en base a datos de *Rava Bursátil*.

Con este procedimiento descrito y aplicado a un caso real del sector financiero argentino, se puede proceder en la realización de un modelo para la gestión eficiente de riesgos de mercado, basado en la discusión de los apartados anteriores e incorporando la relación estadística entre activos en un portafolio.

3.1.2. Técnicas matemáticas para la definición de eventos extremos

El apartado anterior ha realizado un estudio acerca de tres casos interesantes para esta investigación: las acciones cotizantes de un banco mediano español, el precio internacional de la soja y una cartera conformada por dos empresas del panel líder argentino. En los siguientes sub-apartados se muestran los pasos subsiguientes del algoritmo para la estimación del riesgo de mercado. Luego de analizar las series de datos mediante estadística descriptiva, es posible continuar con el proceso de determinación y estimación de la cola de la distribución empírica y teórica de pérdidas y ganancias, para cada caso.

Se realiza una estimación paramétrica utilizando Teoría de Valores Extremos (EVT) con la finalidad de comparar contra el VaR normal la exposición a riesgo. La hipótesis decanta del marco teórico, tal como se analiza en el capítulo anterior. El VaR normal es una medida que carece de coherencia, especialmente por la propiedad de sub-aditividad, por lo que subestima sistemáticamente la exposición al riesgo de mercado. En la medida que la distribución de pérdidas y ganancias presenta mayor peso en su cola izquierda, esta brecha en nivel de exposición se acrecienta.

A continuación, se desarrollan los pasos dos y tres del algoritmo para los tres casos en cuestión, haciendo énfasis en la contrastación de la hipótesis planteada. Asimismo, como aporte de esta tesis doctoral, se reflexiona acerca de la incidencia de la opinión de expertos en la determinación de la definición de la cola -umbral y estimación-.

3.1.2.1. Banco español

De acuerdo al algoritmo planteado al principio del capítulo, para los pasos siguientes, análisis de sub-muestras y determinación de la cola, son necesarias algunas estimaciones. En particular, resulta de especial interés el gráfico del estimador de Hill (Bensalah, 2000:6). Dadas n variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, ordenadas $X_1 > \dots > X_n$, el estimador de Hill para la cola ξ está definido como:

$$H_{k,n} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \ln \left(\frac{H_i}{H_{k+1}} \right) = \hat{\xi} \quad (3.5)$$

De esta manera, el gráfico es el conjunto de puntos que satisface lo siguiente: $\{(k, H_{k,n}^{-1}), 1 \leq k \leq n - 1\}$. Tal como puntualiza la literatura, la elección del umbral es aquella donde el gráfico se estabiliza. Desde luego, este hecho es subjetivo y depende del análisis y juicio del ojo experto.

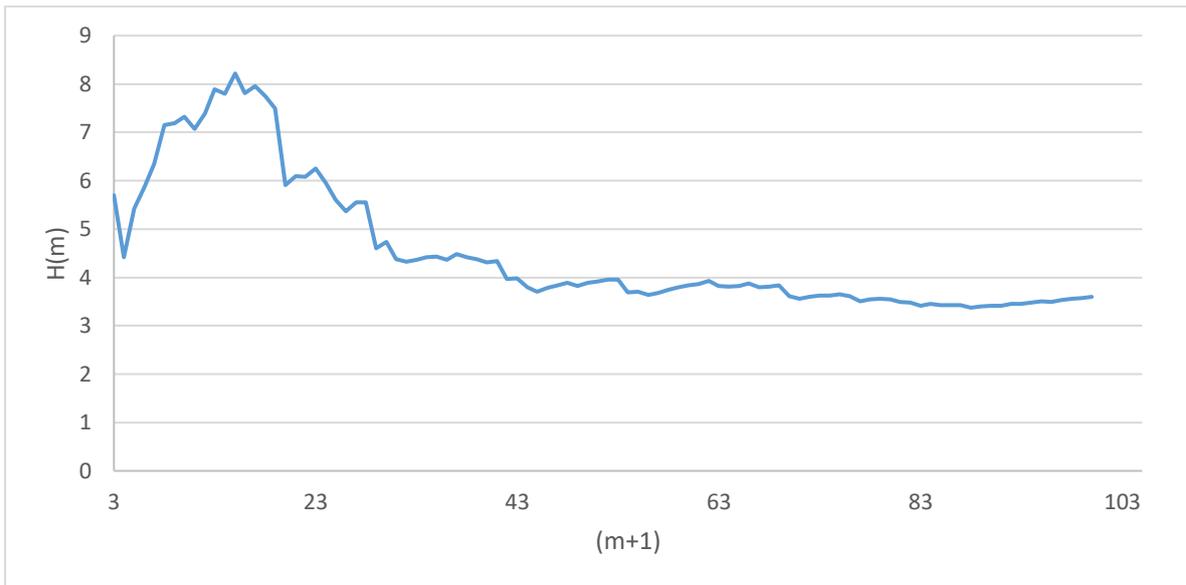


Grafico 3.14: Estimador de Hill como función de m

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

Si el experto analiza este gráfico junto con los datos ordenados y el histograma de retornos, es posible pensar que en un escenario conservador, la cola representa alrededor de 70 observaciones. A partir de ello, es posible estimar los parámetros del modelo, como último paso. Con 87 observaciones se acumula alrededor de 6,82% de probabilidad acumulada.

De esta manera, la Pareto Generalizada (GPD) se estima en los siguientes valores:

M=	70
Mu=	-7,7941473
Sig=	7,477153
Xi=	-0,2226505
Error=	0,0011719

Tabla 3.6: Estimación de parámetros GPD

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*. Estimación mediante Solver.

La anterior estimación es realizada por un procedimiento de minimización del error cuadrático medio entre la distribución empírica y la analítica, mediante máxima verosimilitud (MLE). Es decir, son tomados los M valores de mayor pérdida, ordenados de mayor a menor. De esta manera, la distribución empírica acumulada de la cola es calculada para cada x , como la siguiente función:

$$F(x) = 1 - \frac{m_i}{N} \quad \forall i = 1, \dots, M \quad (3.6)$$

Siendo N el número total de observaciones que para este caso, asciende a 1276. Luego, cada sucesiva x representa un valor cada vez mayor y más cercano a uno. La máxima pérdida registrada tendrá valor uno, en su probabilidad acumulada.

Una vez realizado dicho procedimiento, es posible continuar con la configuración de la planilla de cálculo para la estimación mínimo cuadrática de la GPD. Para ello, se utiliza el mismo vector de x y como se dijo anteriormente, es utilizada la siguiente GPD, con 3 parámetros⁶³:

$$F(x) = 1 - \left\{ \left[1 + \xi \frac{(x - \hat{\mu})}{\hat{\sigma}} \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\} \quad (3.7)$$

Es posible ver, que una vez que se calibran los parámetros, la probabilidad acumulada presenta similitud numérica con la empírica. La cola de la distribución empírica ajusta a la teórica de la siguiente manera:

⁶³ Para este caso, es utilizada la herramienta Solver, que es un *add-in* de Microsoft Excel. El objetivo es minimizar el RSME, con motor *GRG nonlinear*.

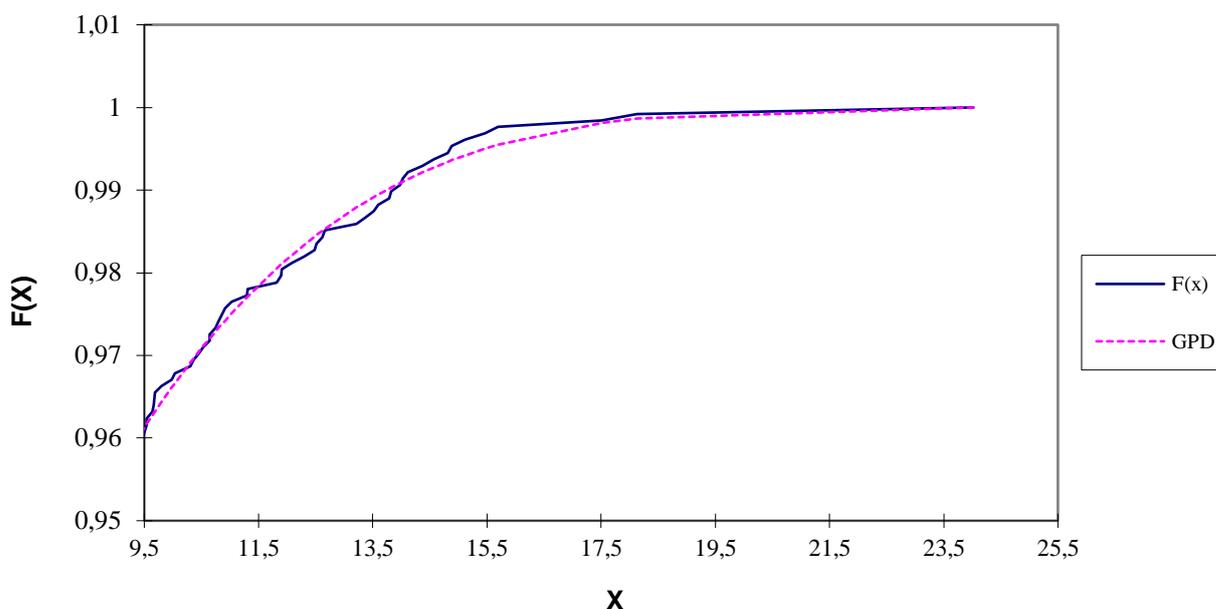


Gráfico 3.15: Ajuste de la GPD a la distribución empírica de la cola (M=70)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*. Estimación mediante Solver.

Dado que ambas distribuciones comienzan -aproximadamente- con el 97% de probabilidad acumulada, no será posible estimar el VaR al 95% de confianza. Para dicha estimación son posibles al menos dos alternativas de cálculo:

- (i) Integración numérica hasta el nivel de significatividad requerido.
- (ii) Despeje analítico a partir de la forma de GPD.

Respecto de la primera alternativa, es posible realizarlo manualmente, o bien utilizando las herramientas de *Microsoft Excel*⁶⁴. Mientras que, para la segunda, se puede despejar de la GPD, tal como muestra Younes Bensalah (2000):

$$\hat{x}_p = \hat{\mu} + \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} \left[(1 - p)^{-\hat{\xi}} - 1 \right] \quad (3.8)$$

A partir de esa formulación es posible determinar el VaR como *p*-cuantil de la distribución mencionada. El VaR EVT a distintos niveles de *p* es calculado con los parámetros hallados:

⁶⁴ Por ejemplo, buscar objetivo. La misma se encuentra en Datos, Análisis de Hipótesis (para la versión de *Office* 2016)

	X	$F(X)$
VaR_EVT =	8,552276287	0,95
	13,74318918	0,99
	18,57457304	0,999
	21,46805697	0,9999
VaR_normal =	12,89498783	0,99
	17,12921289	0,999
	20,61457483	0,9999

Tabla 3.7: Estimación de VaR normal y EVT a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*. Estimación mediante Solver.

Es necesario puntualizar dos aspectos de relevancia práctica e implicancia teórica. Por un lado, calcular un VaR EVT fuera de las observaciones en la cola, carece de interpretación teórica, en el sentido de la hipótesis de esta investigación. No es posible realizar la aproximación numérica si la estimación de la cola se realiza con menos datos en la misma. Es necesario contar con opinión de expertos para poder llevar a la práctica dicho procedimiento y que impacte positivamente en la gestión de riesgos extremos.

Por otro lado, resulta importante repetir el procedimiento de estimación varias veces (Bensalah, 2000:11) ya que la calibración de los parámetros por estimación de máxima verosimilitud es sensible a las condiciones iniciales. Por este motivo, puede no converger asintóticamente y eficientemente el algoritmo. Una buena alternativa, podría ser la estimación por momentos. Luego de calcular momento 1 y 2 (se extraen $\hat{\mu}$ y $\hat{\sigma}$) se puede estimar el restante parámetro, asumiendo dichas condiciones iniciales.

El presente apartado concluye que el caso de Bankinter S.A. es un caso interesante para ver gestión de riesgos de mercado en empresas cotizantes que no poseen riesgo de colas pesadas o una elevada exposición. Asimismo, no justifica la aplicación de medidas de riesgos extremos como EVT, ya que el VaR delta-normal predice adecuadamente la exposición a pérdidas de baja frecuencia y alta intensidad. En el siguiente apartado, se presenta un caso donde existe incidencia del peso de la cola en la gestión de eventos extremos.

3.1.2.2. Precio internacional de la soja

Siguiendo el algoritmo presentado en el apartado anterior, la elección del umbral puede realizarse mediante el estimador de Hill. Cuando el mismo se estabiliza, se halla el valor de cantidad de observaciones a incluir en la cola de la distribución, para luego hallar la empírica y compararla con la teórica GPD calibrada para el caso por el método de MLE. El gráfico de Hill, en este caso presenta la siguiente dificultad:

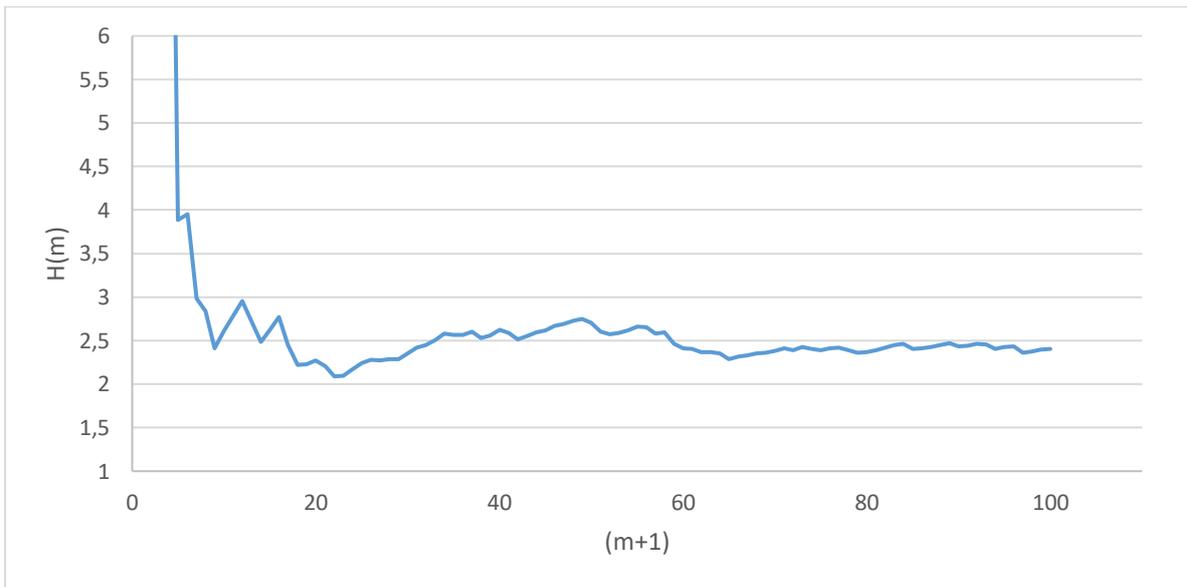


Gráfico 3.16: Estimador de Hill como función de m

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

Es posible apreciar que se estabiliza -si es que sucede-, en un tamaño muestral muy grande. Por este motivo, se realizaron calibraciones para $M = 70$ y $M = 100$. Dado los criterios de bondad del ajuste, es elegida la última cantidad. Las salidas relevantes son exhibidas a continuación. La distribución Pareto Generalizada (GPD) se estima con los siguientes valores de parámetros:

M=	100
Mu=	1,442033
Sig=	0,682295
Xi=	0,431095
Error=	0,000984

Tabla 3.8: Estimación de parámetros GPD

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*. Estimación mediante Solver.

A diferencia de los casos donde no existe evidencia de colas pesadas, la estimación anterior arroja un valor positivo en su parámetro de forma ($\xi \cong 0,43$). Esto indica alguna relación con la distribución de Fréchet y se puede afirmar la existencia de evidencia empírica acorde a colas más pesadas que la normal. Con los parámetros calibrados con 100 observaciones, es posible ver el ajuste de la cola respecto a la distribución empírica:

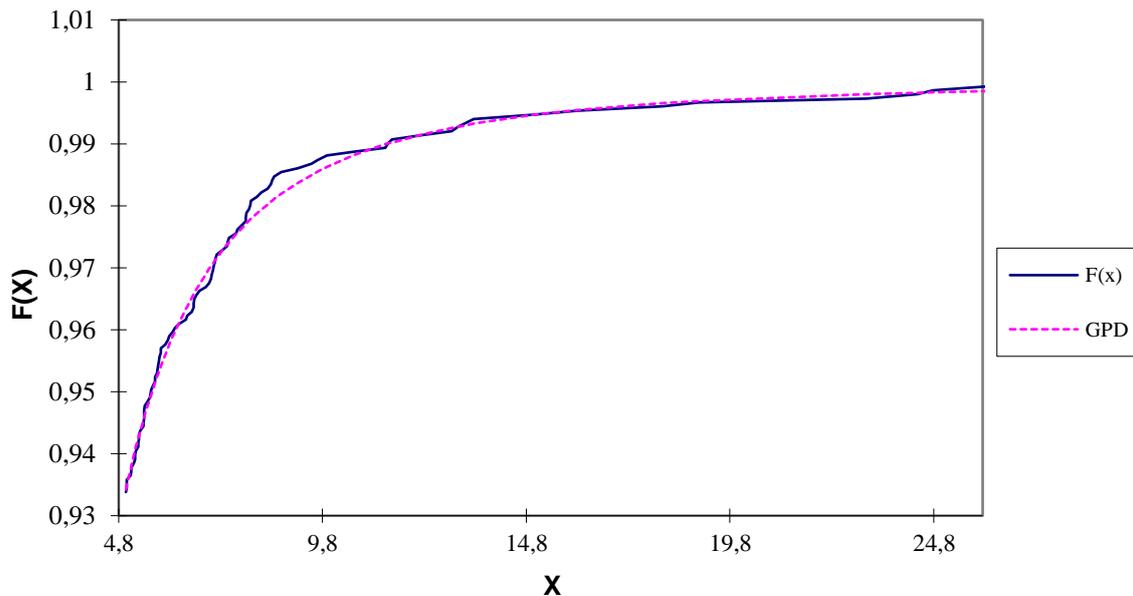


Gráfico 3.17: Ajuste de la GPD a la distribución empírica de la cola (M=70)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*. Estimación mediante Solver.

Con los cálculos anteriores es posible determinar el VaR como *p-cuantil* de la distribución mencionada (Bensalah, 2000). El VaR EVT a distintos niveles de *p* es calculado con los parámetros hallados:

	<i>X</i>	<i>F(X)</i>
VaR_EVT =	11,3829491	0,99
	30,9538287	0,999
	83,7624686	0,9999
VaR_normal =	8,64435391	0,99
	11,482832	0,999
	13,8192981	0,9999

Tabla 3.9: Estimación de VaR normal y EVT a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

En este caso, el precio internacional de la Soja, presenta colas pesadas. Es por este motivo que el VaR EVT al 99% pronostica la pérdida que el VaR delta-normal lo haría al 99,9%. Asimismo, el VaR EVT al 99,99% predice un valor superior a seis veces respecto a lo que espera el p-cuantil asumiendo delta-normalidad.

El presente apartado mostró la importancia de la determinación del peso relativo de las colas. También describió el procedimiento necesario para la calibración de la distribución teórica a partir del umbral o cantidad de observaciones en la cola. En este caso, la incidencia de la opinión de expertos es más notable. Dadas las dos medidas diseñadas a la determinación de la máxima pérdida esperada para un horizonte determinado y a un nivel de confianza, si la estimación arroja valores tan dispares entonces hace muy compleja la toma de decisiones contingentes. La práctica profesional debe tomar una postura que contemple esta dificultad de manera responsable. De acuerdo a las recomendaciones y regulaciones vigentes, este hecho puede verse afectado. Más adelante, en este capítulo, se exploran en detalle tales cuestiones. En lo que sigue, se estudian las medidas de VaR normal y EVT para el caso del portafolio planteado.

3.1.2.3. Portafolios del mercado argentino

A lo largo del capítulo la discusión está centrada en la importancia de los modelos matemáticos y computacionales en torno a la medición de riesgos para la toma de decisiones financieras. En particular, cobran relevancia dos cuestiones: el paradigma bayesiano y la determinación de la función de la función de probabilidades. En cualquier caso, los expertos o quienes toman decisiones, buscan reducir la incertidumbre mediante el uso de información que consideran relevante (Jouini y Clemen, 1996).

A partir del desarrollo presentado hasta aquí, se expone ahora un tratamiento posible de un portafolio con dos activos riesgosos correspondientes a empresas argentinas de dos sectores productivos distintos. La estrategia consiste en replicar una distribución conjunta de las realizaciones de ambas distribuciones mediante una convolución numérica.

La estadística descriptiva muestra los siguientes atributos para 20.391 observaciones:

<i>Media</i>	0,1367
<i>Desvío estándar</i>	10,8150
<i>N</i>	20.391
<i>Asimetría</i>	0,4689
<i>Curtosis</i>	0,2927

Tabla 3.10: Estadística descriptiva sobre retornos diarios anualizados de la convolución

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

La distribución de probabilidades presenta leve asimetría a derecha y presenta curtosis muy cercana a la normal, lo que podría pensarse como mesocúrtica. De cualquier modo, la misma distribución presenta una volatilad muy alta respecto de la media.

La distribución empírica acumulada se muestra en el siguiente gráfico:

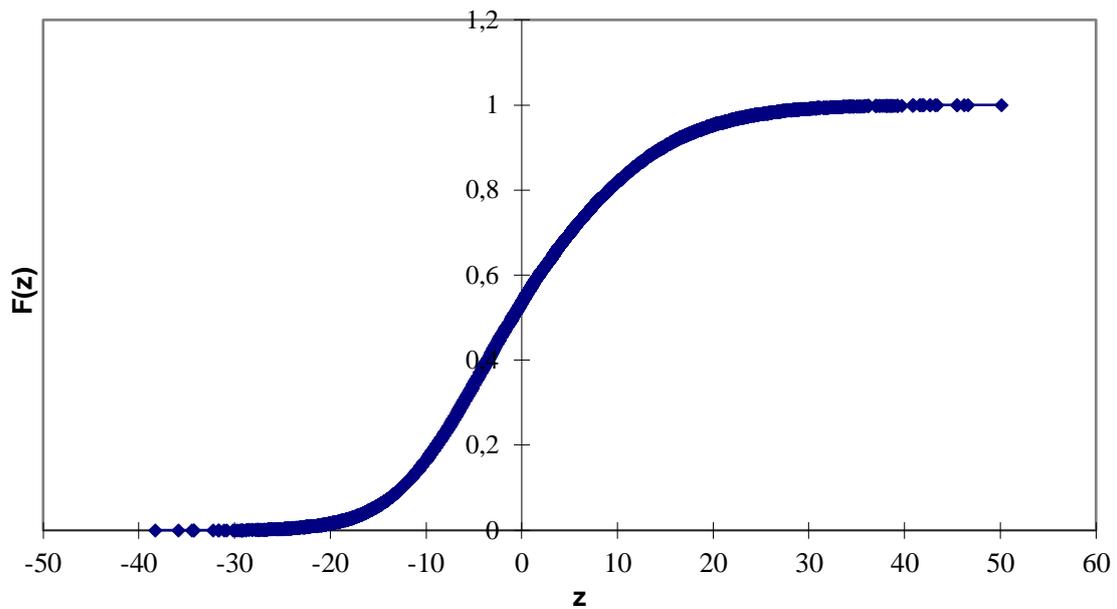


Gráfico 3.18: Distribución empírica de la convolución (MOLI-ERAR)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

En la búsqueda de colas pesadas de la distribución, el gráfico siguiente muestra la relación cuantil-cuantil:

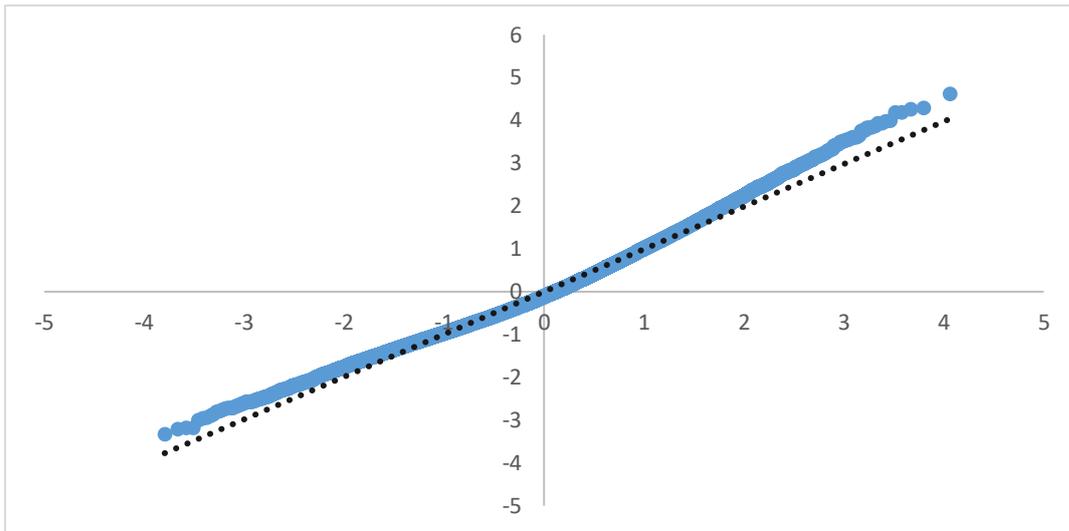


Gráfico 3.19: QQ-plot

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

En principio, no es posible observar la presencia de colas pesadas. La forma de “S”, comenzado desde el tercer cuadrante, es muy suave y se asemeja mucho a la linealidad que presenta una distribución normal en este tipo de análisis (Embrechts, Bassi y Kafetzaki, 1995).

Tal como se realizó en los apartados anteriores, el estimador de Hill puede dar una idea del umbral de la cola para la calibración de la Pareto Generalizada. Con 200 datos muestra la siguiente gráfica:

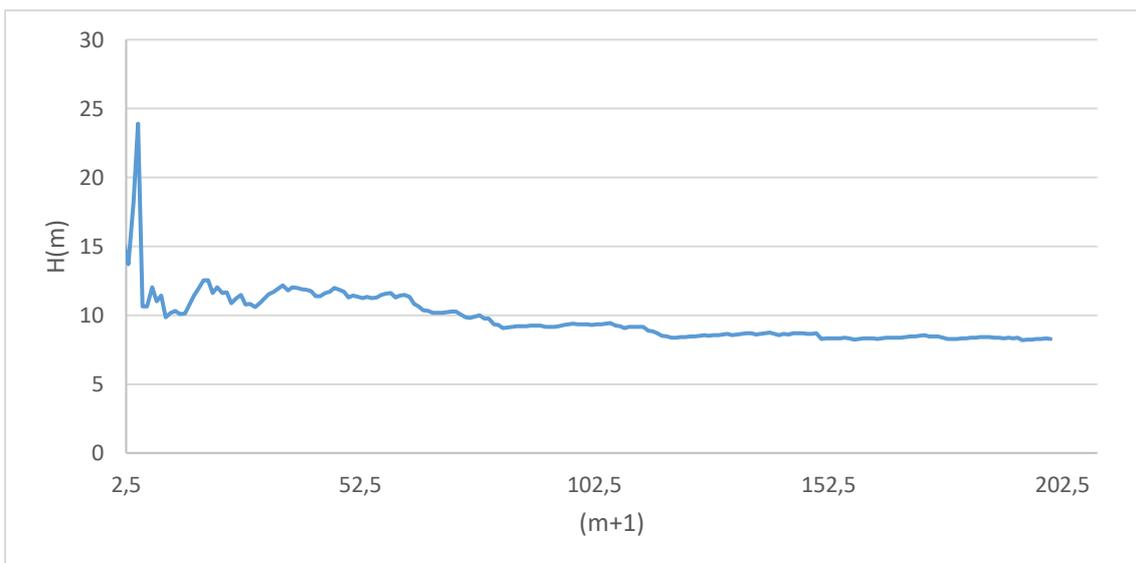


Gráfico 3.20: Estimador de Hill como función de m

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

Al igual que en las exposiciones anteriores, la importancia de la gráfica del estimador de Hill radica en la valoración del experto acerca de cuán estable se torne para una cantidad m de observaciones. A partir de allí, será posible la estimación de los parámetros de la distribución Pareto Generalizada de dicha cola, para luego calcular el VaR por EVT y comparar el ajuste a la distribución empírica.

En principio, en el caso de la convolución, existen muchos más datos que en las aplicaciones desarrolladas hasta aquí. De cualquier manera y de acuerdo al gráfico anterior, resulta factible tomar como umbral las 100 realizaciones -cola izquierda- más desfavorables.

La Pareto Generalizada (GPD) se estima en los siguientes valores:

M=	100
Mu=	-0,505483
Sig=	6,0359368
Xi=	-0,1019935
Error=	0,00005968

Tabla 3.11: Estimación de parámetros GPD

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*. Estimación mediante Solver.

A diferencia de los casos donde existe evidencia de colas pesadas, la estimación anterior arroja un valor negativo en su parámetro de forma ($\xi \cong -0,102$). Esto indica alguna relación con la distribución de Weibull, que resulta ser una distribución gaussiana.

Nuevamente es posible ver, que una vez que se calibran los parámetros, la probabilidad acumulada presenta similitud numérica con la empírica. La cola de la distribución empírica ajusta a la teórica de la siguiente manera:

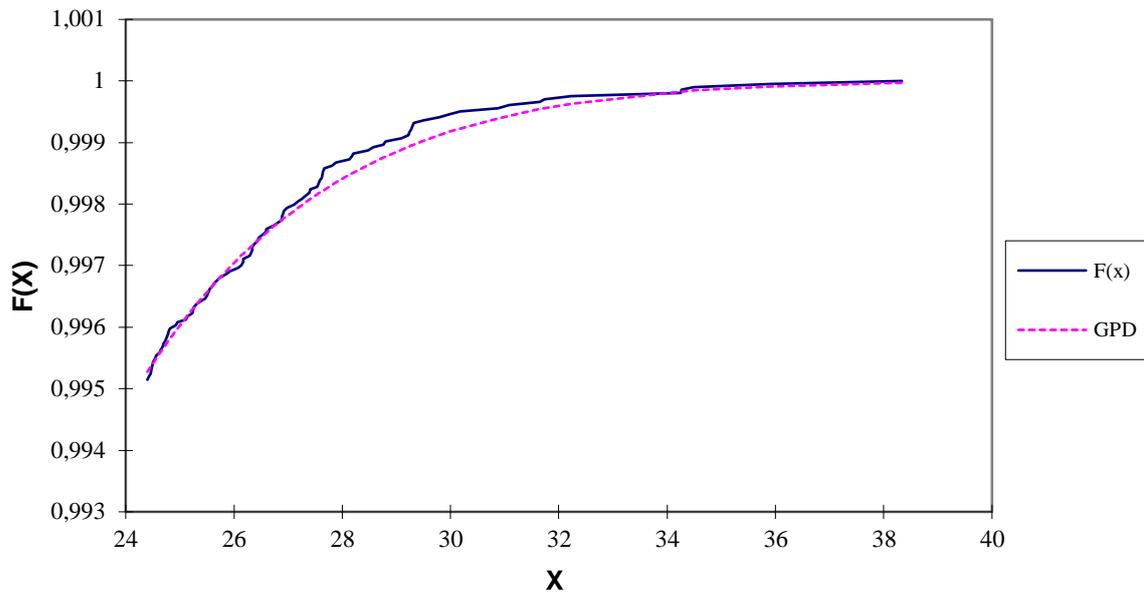


Gráfico 3.21: Ajuste de la GPD a la distribución empírica de la cola (M=100)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

Dado que la muestra es de 20.391, el hecho de considerar una cola a izquierda con sólo 100 observaciones hace que la distribución acumulada ($1 - F_{\alpha}$) comience por encima del 99,5%. Es decir, las 100 peores pérdidas acumulan aproximadamente el 5% de la distribución. Resulta por ello, un ensayo teórico interesante, y dada la platicurtosis mencionada, es posible ver que la estimación de VaR EVT subestima el riesgo. La presencia de colas anchas y elevada volatilidad hace que el VaR normal sea mayor que el estimado empíricamente por la Pareto Generalizada (GPD). Como ensayo teórico ilustrativo se exponen los valores de VaR normal y EVT a distintos niveles de confianza:

	X	$F(X)$
VaR_EVT =	18,05109155	0,975
	21,67554545	0,99
	29,41970153	0,999
	35,54293125	0,9999
VaR_normal =	25,15953864	0,99
	33,42097714	0,999
	40,22130139	0,9999

Tabla 3.12: Estimación de VaR normal y EVT a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*. Estimación mediante Solver.

Dada esta anomalía en los cálculos, es posible pensar en que la evidencia empírica domina a la gestión de riesgos de mercado en contexto de portafolios de dos o más activos. Un experto posiblemente considere a las estimaciones presentadas como un ejercicio teórico, sin validez para la toma de decisiones. A raíz de esta problemática puntual, es necesario ampliar el umbral de la cola a 1000 observaciones. De esta manera como se verá, se acumula, a cola izquierda, cerca del 5% de probabilidad.

La GDP se estima en los siguientes valores:

M=	1000
Mu=	-0,609586
Sig=	6,2934018
Xi=	-0,1002367
Error=	0,00002073

Tabla 3.13: Estimación de parámetros GDP

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*. Estimación mediante Solver.

La cola de la distribución empírica ajusta a la teórica de la siguiente manera:

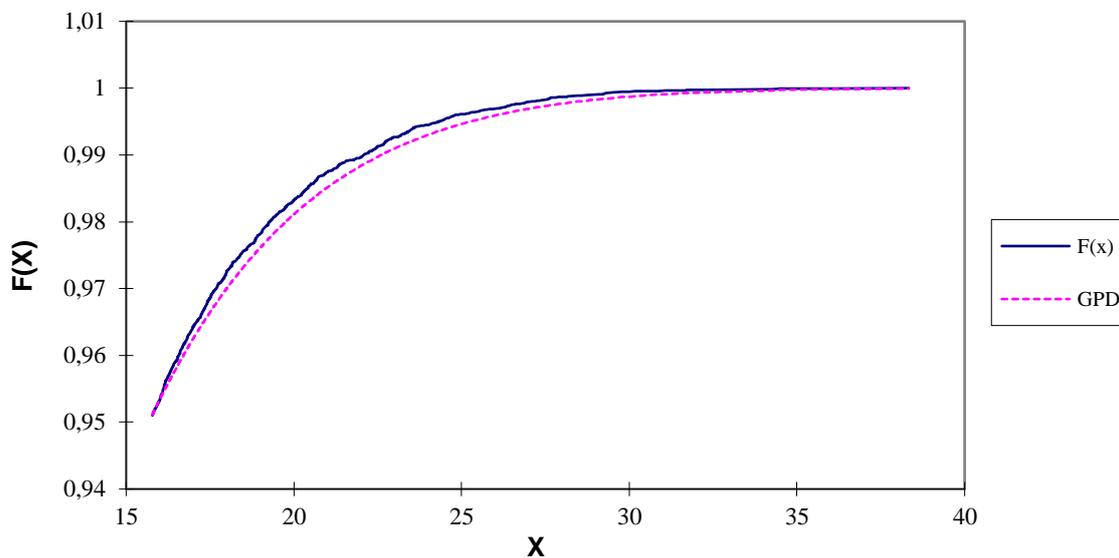


Gráfico 3.22: Ajuste de la GDP a la distribución empírica de la cola (M=1000)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

El ajuste es ligeramente mejor que en el caso con $M = 100$. El error cuadrático medio de la estimación es aproximadamente tres veces mayor en el caso anterior, respecto de considerar 1000 observaciones en la cola. Las características relevantes de la estadística descriptiva se conservan, por lo que el cálculo de VaR normal queda inalterado.

De la misma forma que hizo anteriormente, es posible determinar el VaR como p -cuantil de la distribución mencionada. El VaR EVT a distintos niveles de p es calculado con los parámetros hallados:

	X	$F(X)$
VaR_EVT =	15,67637711	0,95
	22,60406642	0,99
	30,7599871	0,999
	37,23493561	0,9999
VaR_normal =	25,15953864	0,99
	33,42097714	0,999
	40,22130139	0,9999

Tabla 3.14: Estimación de VaR normal y EVT a distintos niveles de confianza
Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*. Estimación mediante Solver.

Si bien es posible ver que los valores hallados no satisfacen la hipótesis de que el VaR normal subestima sistemáticamente a la mayor pérdida posible, la diferencia entre éste y el cálculo por EVT se achicó. Es decir, todavía no es posible predecir un valor más extremo de pérdida a una frecuencia muy baja, pero resulta sustancialmente mejor que la estimación con $M = 100$.

Una vez más, el apartado concluye acerca de la importancia del peso de la cola y, en particular, de su determinación. Para muestras muy grandes, la determinación del umbral debe ser consistente con la probabilidad que acumule dicha cola, además de su forma. La incidencia del juicio de expertos se hace más notable, ya que la medida tradicional del VaR normal adolece de sub-aditividad, sobre todo en carteras. Pero la estimación paramétrica que sugiere la EVT puede ser muy compleja de realizar para portafolio con muchos activos o activos exóticos. Para continuar con el análisis en el siguiente apartado se presentan los cálculos en la determinación del VaR histórico y el VaR Condicional (*expected shortfall*) como medidas alternativas a las exhibidas hasta acá. Estas estimaciones no-paramétricas son más útiles como fuente de información para la toma de

decisiones por parte de los expertos y a la postre, son foco de las regulaciones a partir de Basilea III, como se verá más adelante.

3.1.3. Técnicas matemáticas para la definición del nivel de confianza

En el desarrollo anterior, se ha mostrado la teoría de VaR tradicional –normal- y su aplicación al mercado bancario español, mediante información pública de Bankinter S.A. Asimismo, fue posible contrastar la evidencia empírica comparando dicha metodología con la propuesta de colas, pesadas o no, que se lleva a cabo mediante la Teoría de Valores Extremos. De la comparación de ambas medidas surge la incoherencia del VaR, que se anticipara en el marco teórico.

A partir del estudio del riesgo de cola y su incidencia en la gestión de riesgos de mercado, se ha trabajado sobre el precio internacional de la soja por su importancia relativa en el mercado financiero argentino. En ese caso, la estimación del VaR EVT muestra una discrepancia significativa por sobre el supuesto de normalidad de la distribución de pérdidas y ganancias. Asimismo, y relacionado al mercado bursátil argentino, se ha mostrado una técnica estadística basada en convoluciones para el tratamiento de la exposición a riesgo de mercado de una cartera con dos activos riesgosos a partir de dos empresas líderes argentinas.

El presente desarrollo tiene como propuesta adicional la medición alternativa del mencionado riesgo mediante el VaR Condicional o *expected shortfall*. Una primera observación es que dicha medición puede ser muy compleja de realizar, si se basa en métodos paramétricos o en simulaciones. Sin embargo, en la presente tesis se busca abordar el tema de la manera más sencilla e intuitiva posible. El objetivo específico es analizar la evidencia empírica, por lo tanto no resulta necesario problematizar el enfoque estocástico ni el método computacional.

Para llevar a cabo esta tarea, se utilizan las series trabajadas anteriormente. En los siguientes sub-apartados se aborda la problemática del nivel de confianza elegido para evaluar la exposición al riesgo de mercado de Bankinter S.A., el precio internacional de la soja y la cartera construida al principio del capítulo.

3.1.3.1. Banco español

A los fines de implementar una medida coherente de riesgo de mercado, en el capítulo anterior se estudiaron los fundamentos estocásticos del VaR Condicional. Para calcular esta medida, fueron necesarias dos observaciones importantes. En primer lugar, la aproximación es no-paramétrica y basada en los datos históricos. Bajo este marco metodológico, en segundo lugar, es necesario aclarar que a modo de comparación, se muestra el cálculo de VaR tradicional también por método histórico. Es decir, no se expone el VaR como si la distribución empírica fuera normal, sino que se trabaja con la función acumulada para un nivel α determinado. La serie de datos es la misma que en el desarrollo anterior para Bankinter S.A.

A continuación, se muestran en la siguiente tabla algunos de ellos:

#	Día	Precio Cierre	Retorno (Log)	Retorno (Anual)
	10-oct-11	4,41		
1	11-oct-11	4,42	0,002265007	0,566251658
2	12-oct-11	4,54	0,026787316	6,696828991
3	13-oct-11	4,44	-0,022272636	-5,568158902
4	14-oct-11	4,48	0,00896867	2,242167496
5	17-oct-11	4,46	-0,00447428	-1,118570099
6	18-oct-11	4,31	-0,034210862	-8,552715479
7	19-oct-11	4,42	0,025201792	6,300447993
8	20-oct-11	4,3	-0,027524673	-6,881168348
9	21-oct-11	4,36	0,013857035	3,464258665
10	24-oct-11	4,42	0,013667639	3,416909682
...

Tabla 3.15: Datos públicos diarios del precio de la acción de Bankinter S.A.

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

Las columnas de retorno y retorno anual, como en el desarrollo anterior, fueron calculadas en escala logarítmica y anualizadas por 250 días *trading*. Se utilizaron 1276 datos de las cotizaciones de BKT en el período comprendido entre el 10/10/2011 y el 07/10/2016.

Con esta información, y teniendo en cuenta el marco teórico desarrollado anteriormente, lo primero que debe hacerse es ordenar los rendimientos anuales de menor a mayor. Esto es, desde las peores pérdidas registradas -cola izquierda- hasta las mayores ganancias -cola derecha-. A partir de estos datos, se observan las frecuencias relativas simples y es posible construir un histograma de retornos anualizados. Cabe destacar que el VaR que calculemos tendrá horizonte anual.

Luego, se calculan las cantidades de observaciones que contenga la cola izquierda de acuerdo al nivel α deseado. En particular, para este estudio se han calculado para niveles 95%, 97,50%, 99% y 99,90%. El método más sencillo resulta de calcular ese porcentaje, o mejor dicho, su complemento, para la muestra de 1276 observaciones. Es decir, el 5% de las observaciones son 63,80 datos. Evidentemente, no existen continuos en los datos, por lo que habrá que interpolar entre el dato 63 y 64 para encontrar el valor de pérdida correspondiente a 63,80. Las observaciones puntuales para las posiciones 63 y 64 son -8,9295 y -8,8898 aproximadamente. Mediante la siguiente interpolación lineal es posible hallar el valor para el VaR anual al 95%:

$$VaR_{95\%} = -8,9295 + (-8,8898 + 8,9295) * (63,8 - 63) \cong -8,8978$$

Ésta resulta la máxima pérdida por unidad de capital para una probabilidad del 5%. Si se replica este procedimiento para el resto de los niveles de confianza seleccionados, se llega a los siguientes resultados:

α	<i>Observ. (α)</i>	<i>Retorno (Anual)</i>
99,9%	1	-24,02171972
	1,28	-22,39604972
	2	-18,13161102
99,0%	12	-14,02236666
	12,76	-13,99397102
	13	-13,98500397
97,5%	31	-11,02540869
	31,90	-10,92228106
	32	-10,91082243
95,0%	63	-8,929520651
	63,8	-8,897764537
	64	-8,889825509

Tabla 3.16: Resultados de interpolaciones a distintos niveles de α .
Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

A modo de resumen, el VaR anual a los niveles consignados de confianza puede verse en la siguiente tabla:

α	VaR
95,0%	-8,89776
97,5%	-10,92228
99,0%	-13,99397
99,9%	-22,39605

Tabla 3.17: VaR a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

Evidentemente, este procedimiento difiere del ensayado en los anteriores apartados ya que no se utilizan estimaciones sobre el desvío típico de la muestra, ni se asume que la misma se distribuya normalmente. El siguiente gráfico muestra la frecuencia relativa simple a intervalos de los retornos anualizados, alternativa que permite ver la similitud con una distribución normal o normal estándar.

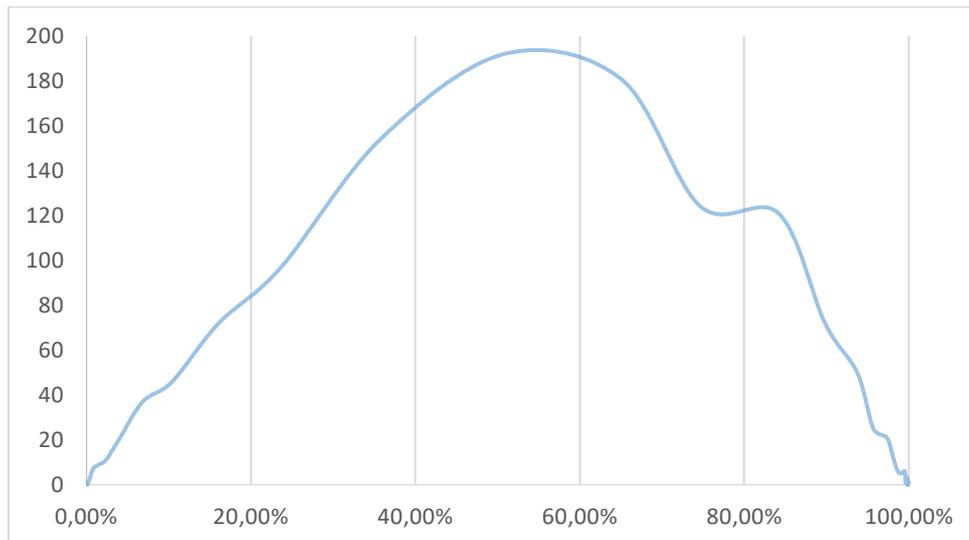


Gráfico 3.23: BKT-Frecuencias (% acumulado)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

El concepto de *ES* o *CVaR* es la medida asociada al promedio de las pérdidas condicionadas que superaron las pérdidas pronosticadas por el VaR en el horizonte elegido, al nivel de confianza especificado. De esta manera, la medida es más coherente y resulta más eficiente en la gestión de riesgos de mercado. Evidentemente, el VaR

subestima sistemáticamente la pérdida potencial, como se mostró en el marco teórico de esta tesis. Por lo tanto, el CVaR capta la heterogeneidad de las observaciones en la cola izquierda y toma un promedio de las pérdidas observadas por encima del umbral que marca el VaR. Teniendo en cuenta el marco teórico presentado, y luego de estimar el VaR con el método mostrado más arriba, es posible calcular el VaR Condicional o ES para los niveles de confianza y horizonte temporal especificados. El mismo surge del cálculo de la media aritmética de las observaciones de pérdidas mayores al VaR:

α	<i>ES</i>
95,0%	-11,778992
97,5%	-15,90095
99,0%	-24,02172
99,9%	-13,839351

Tabla 3.18: Estimación de ES a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

El acuerdo de Basilea III, analizado en el primer capítulo, acordó reemplazar el VaR por el CVaR (*ES*), para el enfoque basado en modelos internos. También tuvieron que recalibrar el nivel de confianza para mantener la coherencia. Por ello, en lugar de utilizar el nivel de confianza del 99% como para el VaR, el Comité de Basilea recomienda utilizar el nivel de confianza del 97,5% para *ES*. De esta manera, las exposiciones al riesgo de mercado son las que resume como sigue:

α	<i>VaR</i>	<i>ES</i>
95,0%	-8,89776454	-11,77899160
97,5%	-10,92228106	-13,83935086
99,0%	-13,99397102	-15,90094996
99,9%	-22,39604972	-24,02171972

Tabla 3.19: Estimación de ES y VaR histórico a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Google Finance*.

Resulta notable el valor calculado por el VaR al 99% de confianza es muy similar al obtenido por el *expected shortfall* al 97,50% para el mismo horizonte temporal. En relación a las recomendaciones de Basilea II y III, el Comité de Supervisión Bancaria en 2013 publica un artículo de la medición de riesgos de mercado para la cartera de negocios donde dice:

Transición del valor en riesgo (VaR) al expected shortfall (ES): se ha identificado una serie de insuficiencias al utilizar el VaR como medida para determinar los requerimientos de capital regulador, entre otras su incapacidad para captar el «riesgo de cola» (*tail risk*). Por esta razón, el Comité propuso en mayo de 2012 sustituir el VaR por el ES. El ES mide el grado de riesgo de una posición considerando tanto el tamaño de las pérdidas como la probabilidad de que estas se produzcan por encima de cierto nivel de confianza. El Comité ha acordado utilizar un ES del 97,5% para el método basado en modelos internos y ha utilizado el mismo enfoque para calibrar los requerimientos de capital conforme al método estándar revisado para el riesgo de mercado. (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2013:4)

Asimismo, el Comité reconoce la dificultad que implica esta adecuación en la gestión del riesgo de mercado: “El Comité reconoce que la transición al ES podría conllevar dificultades operacionales; no obstante, cree que éstas quedan compensadas por las ventajas de sustituir el VaR por un indicador que recoja mejor el riesgo de cola.” (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2012:3). Ahora bien, si el Comité reconoce que el cambio de modelo capta mejor la exposición al riesgo, ¿por qué cambiar el nivel de confianza? ¿Cuál es el motivo por el cual no exige el cálculo de CVaR al 99%? A continuación, se realiza el mismo ejercicio desarrollado hasta aquí, pero para el precio internacional de la soja. Esta calibración permitirá seguir reflexionando en torno a las preguntas planteadas.

3.1.3.2. *Precio internacional de la soja*

En el presente sub-apartado se muestran los resultados de los cálculos de VaR histórico y CVaR para el caso del precio internacional de la soja. De la misma manera que con el caso de BKT, el cálculo de CVaR se realiza a partir de los datos históricos públicos. El VaR se calcula como percentil de la distribución de retornos diarios anualizados. Para comenzar, se exhiben los primeros datos utilizados para el precio internacional de la soja:

#	Día	Precio Cierre	Retorno (Log)	Retorno (Anual)
	04/01/2010	385,63		
1	05/01/2010	386,64	0,002615667	0,653916749
2	06/01/2010	386	-0,001656658	-0,414164518
3	07/01/2010	373,97	-0,031661789	-7,915447293
4	08/01/2010	372,22	-0,004690503	-1,172625744
5	11/01/2010	368,09	-0,011157604	-2,789400958
6	12/01/2010	356,24	-0,032722812	-8,180703118
7	13/01/2010	361,38	0,014325375	3,581343818
8	14/01/2010	355,87	-0,015364541	-3,841135165
9	15/01/2010	357,89	0,005660181	1,415045248
10	19/01/2010	354,03	-0,010844021	-2,711005328
...

Tabla 3.20: Datos públicos diarios del precio de la Soja

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

Tal como fue explicitado antes, se utilizaron 1511 datos públicos del precio internacional de la Soja en dólares norteamericanos en el período comprendido entre el 04/01/2010 y el 31/12/2015.

Con esta información y basado en los retornos diarios anualizados -250 días *trading*- es posible realizar las interpolaciones lineales necesarias para hallar los retornos a distintos niveles de α o probabilidad acumulada.

α	Observ. (α)	Retorno (Anual)
99,9%	1	-26,23890134
	1,51	-25,49313997
	2	-24,77948574
99,0%	15	-11,41338593
	15,11	-11,36747264
	16	-11,3529737
97,5%	37	-7,680688831
	37,78	-7,551087069
	38	-7,513460751
95,0%	75	-5,594069067
	75,55	-5,585838672
	76	-5,583781073

Tabla 3.21: Resultados de interpolaciones a distintos niveles de α

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

De la misma manera que con BKT, es interesante analizar el gráfico de las frecuencias relativas simples - en porcentaje acumulado- de los retornos anualizados, para ver la similitud o diferencia con la distribución normal. Asimismo, es posible ver que en este caso la presencia de colas pesadas afecta al cálculo para percentiles muy pequeños de la distribución.

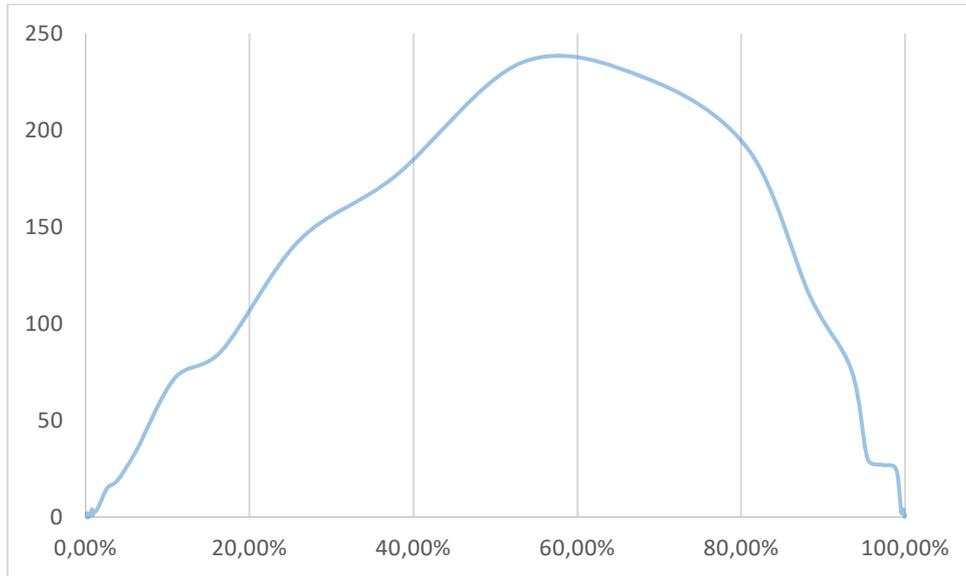


Gráfico 3.24: Frecuencia- Soja (% Acumulado)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

Finalmente, de acuerdo al algoritmo propuesto anteriormente, es posible calcular *Expected Shortfall* como promedio aritmético de las observaciones a cada nivel de significatividad. La siguiente tabla muestra los resultados:

α	<i>VaR</i>	<i>ES</i>
95,0%	-5,58583867	-9,17848275
97,5%	-7,55108707	-11,92566481
99,0%	-11,36747264	-16,64186438
99,9%	-25,49313997	-26,23890134

Tabla 3.22: Estimación de ES y VaR histórico a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Ámbito Financiero*.

Es notable que, al igual con que BKT, la exposición a riesgo que predice el VaR, al 99% de confianza es muy similar que la obtenida por el CVaR, al 97,50%. Asimismo, son los dos valores que más se asemejan en toda la tabla, ya que ningún otro de una u otra medida es comparable para los niveles de confianza exhibidos.

Nuevamente, la importancia radica en encontrar un modelo afín a una gestión eficiente y responsable de este tipo de riesgos. La discrepancia numérica responde a las realizaciones de distintos modelos, que en mayor o menor medida intentan captar la incertidumbre futura. Evidentemente el modelo por más sofisticado que sea, no predice perfectamente la pérdida máxima en un horizonte determinado. Por este motivo, juega un rol fundamental el uso de dichos modelos por parte de los expertos que toman decisiones de gestión en organizaciones bancarias. Para ello, será necesario complejizar un poco más el análisis en presencia de carteras o interacciones entre activos riesgosos. El siguiente apartado tiene por objetivo mostrar la dificultad que se presenta cuando se introducen estas técnicas en la gestión de portafolios de dos o más activos.

3.1.3.3. Portafolios del mercado argentino

Como se demostró a lo largo del capítulo, el cálculo de CVaR se realiza a partir de los datos históricos públicos. En este caso, se hará a partir de los resultantes de la convolución entre MOLI y ERAR. El VaR se calcula histórico como percentil de la distribución de retornos diarios anualizados. Para comenzar, se exhiben a continuación los primeros datos utilizados:

#	Retorno anual (Log)	Retornos ordenados
1	26,07930756	-38,33382416
2	40,87067413	-35,90018082
3	39,18589783	-34,48717499
4	27,10408211	-34,26704788
5	33,42585373	-34,24782562
6	31,18879318	-32,2350769
7	19,45388412	-31,72946167
8	22,27807045	-31,65305328
9	35,52878571	-31,08061409
10	22,86785126	-30,87265587
...
20391	-8,86016655	50,1090736

Tabla 3.23: Datos públicos diarios del precio de la Soja

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

Los datos corresponden a la convolución de las distribuciones de Molinos Rio de la Plata (MOLI) y Siderar (ERAR), para captar todas las posibles combinaciones de resultados -volatilidad en retornos-. Los rendimientos conjuntos serán entonces, sensibles a las variaciones de precios de cada activo. Como se mencionó, es posible pensar en una posición financiera en la que se integre una cartera en igual proporciones con ambas acciones.

Para hacer esta estimación, se tomaron datos diarios del 9/11/2015 al 04/11/2016. Con esta información y basado en los retornos diarios anualizados -250 días *trading*- es posible realizar las interpolaciones lineales necesarias para hallar los retornos a distintos niveles de α o probabilidad acumulada.

α	<i>Observ. (α)</i>	<i>Retorno (Anual)</i>
99,9%	20	-29,09516335
	20,39	-28,97808738
	21	-28,79573631
99,0%	203	-22,11496735
	203,91	-22,10219269
	204	-22,10092926
97,5%	509	-18,41341019
	509,78	-18,39895935
	510	-18,39476395
95,0%	1019	-15,68668938
	1019,55	-15,68393931
	1020	-15,68168926

Tabla 3.24: Resultados de interpolaciones a distintos niveles de α .

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

Previamente al cálculo del VaR Condicional, es interesante analizar el gráfico de las frecuencias relativas simples -en porcentaje acumulado- de los retornos anualizados, para ver la similitud o diferencia con la distribución normal. Como erade esperar, el mismo exhibe las características descritas anteriormente, es decir, la forma ancha debido a la alta volatilidad:

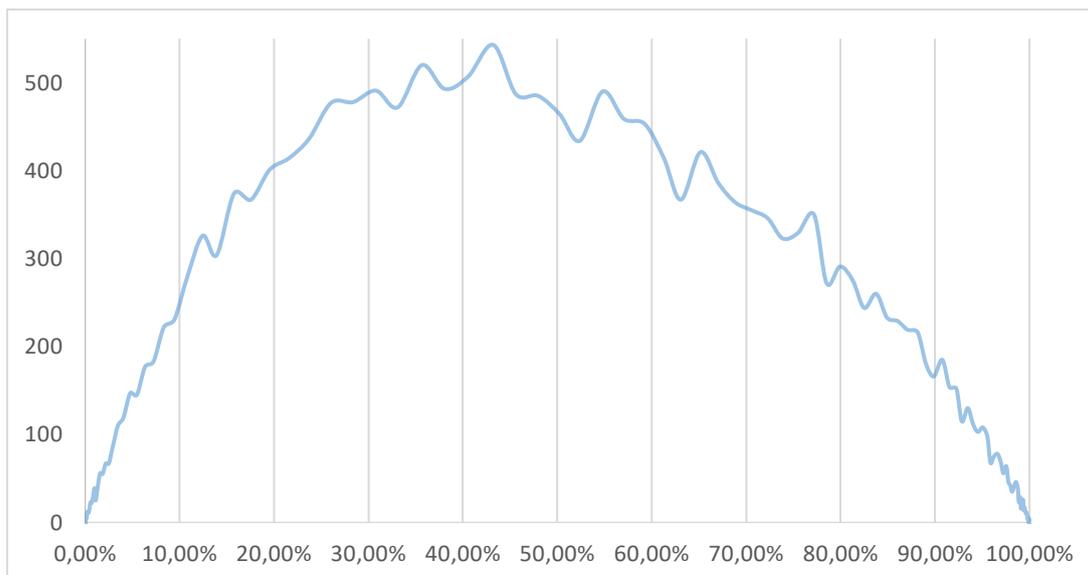


Gráfico 3.25: Convolución- Frecuencias (% acumulado)

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

Finalmente, *Expected Shortfall* se calcula como el promedio aritmético de las observaciones a cada nivel de significatividad. La siguiente tabla resume los resultados en comparación con el VaR (histórico):

α	<i>VaR</i>	<i>ES</i>
95,0%	-15,68393931	-19,09438187
97,5%	-18,39895935	-22,00678035
99,0%	-22,10219269	-25,11443862
99,9%	-28,97808738	-31,35844240

Tabla 3.25: Estimación de ES y VaR histórico a distintos niveles de confianza

Fuente: Elaboración propia. Datos: *Rava Bursátil*.

En este caso, la medición condicional es más coherente que las halladas anteriormente. Las pérdidas predichas siguen concordando con los lineamientos del acuerdo de Basilea III que recomienda utilizar el nivel de confianza del 97,5% para *ES*. De esta manera, permite capturar el mismo nivel de riesgo que el VaR histórico al 99% para el mismo horizonte temporal.

A lo largo de los últimos sub-apartados se ha trabajado con la implementación de esta técnica de cálculo que recomienda el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. Ahora

bien, si el Comité reconoce que el cambio de modelo capta mejor la exposición al riesgo, ¿por qué cambiar el nivel de confianza? En los tres casos ensayados, el valor obtenido por el VaR tradicional al 99% es casi idéntico al nuevo CVaR al 97,50% para el mismo horizonte y sin embargo las últimas recomendaciones de Basilea -post crisis- hacen hincapié en la insuficiencia de capital económico. Si la nueva medida muestra el mismo nivel de exposición al riesgo, aunque con mayor coherencia, sobre todo en portafolios, no es necesario mayor capital regulatorio.

En el siguiente apartado se recogerán gran parte de los aportes empíricos realizados hasta aquí. El objetivo es mostrar la importancia del juicio de expertos y realizar una propuesta de modelo de gestión responsable que contemple los aspectos matemáticos formales y sea inclusivo, reflexivo, participativo y deliberativo. El experto y las buenas prácticas organizacionales pueden fundamentar un protocolo de regulación responsable en bancos, para la gestión eficiente y responsable del riesgo de mercado.

3.2. Formalización de la opinión de expertos

En los últimos dos apartados de la sección anterior se ha discutido sobre los dos aspectos fundamentales que analiza críticamente este capítulo: la problemática de la definición de la cola de la distribución de pérdidas y ganancias - ¿cuántas observaciones incluir? - y el nivel de confianza - ¿VaR tradicional al 99% o *Expected Shortfall* al 97,50%? -. En ambos casos, existen modelos matemáticos que otorgan al analista una herramienta para la obtención de información y con ello, la toma de decisiones. Sin embargo, tanto la definición de la cola como el nivel de confianza con el que se calculan la exposición al riesgo de mercado, se instrumentan con modelos estadísticos cuyos resultados divergen en presencia de distribuciones con colas pesadas. El riesgo de cola hace que los modelos tradicionales y los más modernos produzcan valores altamente disímiles y es por este motivo que no son adecuados para la toma de decisiones en organizaciones bancarias.

A partir de estas observaciones empíricas, y del *corpus* teórico que analiza críticamente esta tesis en los capítulos anteriores, es posible pensar en un protocolo de gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias, enriquecido por la opinión de expertos. Este modelo híbrido tendrá un protocolo subsumido en el paradigma

RRI (Asante, Owen y Williamson, 2014; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012) y estará fuertemente relacionado con la propuesta del primer capítulo de esta tesis, dónde se analiza la creación de Comités de Nuevos Productos (Casparri, García-Fronti y Masci, 2015).

Para realizar esta tarea, este apartado primero analizará algunas propuestas para el procesamiento y articulación de las opiniones de los expertos al interior de una organización bancaria. De acuerdo al marco teórico planteado, resulta claro que no existe un único método para englobar todas las opiniones de expertos. El problema surge, principalmente, por la posible discrepancia de opiniones acerca de la estimación y alcance de un cierto riesgo (Paté-Cornell, 1996).

Con el propósito de incorporar la información cualitativa que provee un experto, este trabajo acota el campo de aplicación a la herramienta VaR, y asumiendo un solo experto. A continuación, se despliegan algunas ideas respecto de cada alternativa. Es importante destacar que esta tesis Doctoral afirma que la opinión de expertos es necesaria para interpretar y gestionar de manera más eficiente la exposición al riesgo de mercado en bancos. De allí que estudiar críticamente la forma en que se puede procesar la información cualitativa que produce este tipo de opinión es fundamental para entender su incidencia en la toma de decisiones contextuales.

3.2.1. Distribución de probabilidades ponderadas por expertos

Paté-Cornell (1996) encuentra la alternativa de la distribución de probabilidades ponderadas viable, en contraposición al enfoque bayesiano; este último fue estudiado críticamente en el primer capítulo de la tesis. En particular, resulta posible ponderar la opinión de un conjunto de expertos mediante una ponderación de sus distribuciones de probabilidad.

Los expertos razonan de forma aislada y producen información independiente. Luego, un “super experto” puede componer la distribución, de manera de ponderar a todos por igual o asumiendo alguna hipótesis de comportamiento de acuerdo a su propio juicio (Paté-Cornell, 1996:105).

Para simplificar el análisis y no depender de la figura de un “súper experto” es posible, sin mostrarle el cálculo del VaR de un portafolio, entrevistar a un experto y en base a su

valoración, ajustar dicho cálculo. Por ejemplo, si el VaR sobre-estima la pérdida esperada por el experto, se lo multiplica por 0,90. En cambio, si la sub-estima se lo multiplica por 1,10. Alternativamente, es posible generar números borrosos en el intervalo [0,90; 1,10] para afectar este cálculo.

La realidad indica que el experto posee experiencia en el ámbito bancario. A raíz de esa información no estructurada e imprecisa que posee, el individuo tiene que optar por adaptar las valoraciones objetivas que provienen de modelos matemáticos. Es decir, toma como información aquella proveniente de los modelos estadísticos y cuestiona subjetivamente su validez. Dicha validez, se contrapone con la percepción subjetiva e interna del experto. Cuanto mayor sea la incertidumbre en la que se encuentra el contexto –mercados- mayor es la discrepancia que encuentran los expertos respecto de la valoración objetiva (Grote, 2009). Para poder captar la opinión y operacionalizarla como si fuera un número o un valor objetivo, existe una lógica conocida como borrosa (*fuzzy logic*) desarrollada a mediados de la década de 1960 por el profesor Lofti A. Zadeh (1965). A continuación, se estudia la forma en la que es posible utilizar dicha lógica para “operar” la información cualitativa que surge de la opinión de expertos.

3.2.2. Lógica borrosa

Un procedimiento que puede resultar interesante, es el uso de números borrosos para afectar el nivel de confianza del cálculo de VaR. Dada la estructura del cálculo analítico, es posible construir un número borroso triangular (NBT) (Lazzari y Mouliá, 2015) para el VaR, a partir de otro NBT con tres posibles valores de confianza. De esta manera, es posible comparar el VaR teórico (crisp) con un “fuzzy-VaR” mediante NBT que capten la opinión de expertos a posteriori (Casualty Actuarial Society, 2003; Shang y Hossen, 2013).

A los fines de ilustrar el empleo de lógica borrosa en la toma de decisiones con juicio de expertos, resulta necesario mencionar algunos aspectos destacados de esta teoría. En 1965, Zadeh amplía la teoría clásica de conjuntos para poder operar con clases definidas por predicados vagos introduciendo el concepto de conjunto borroso, caracterizado por poseer una función de membresía por medio de la cual, es asignado un grado de pertenencia a cada elemento del conjunto. Estos valores no son sólo los números 0 y 1,

sino todos aquellos valores entre 0 y 1. De esta forma, la pertenencia pasa a ser graduada: dado un universal E, un conjunto borroso \tilde{A} se define como $\mu_{\tilde{A}} \rightarrow [0; 1]$.

Un conjunto borroso deviene clásico cuando su función de pertenencia toma únicamente los valores 0 y 1; de esta manera el cálculo lógico clásico queda englobado en el cálculo lógico borroso, que resulta más general, y la nitidez o la precisión aparecen como un caso límite de la vaguedad o imprecisión. Es decir, con el punto de vista aportado por Zadeh, lo normal es la imprecisión y lo extraordinario la precisión, a la que no es fácil llegar sin perder riqueza conceptual (Lazzari, Machado y Pérez, 1999).

Un conjunto borroso puede descomponerse a partir de sus α -cortes, donde se toma todos los elementos del conjunto mayores o iguales al valor de α -corte dado:

$$\tilde{A}_\alpha = (x \mid \mu_{\tilde{A}} \geq \alpha) \quad (3.9)$$

Con estas condiciones, se dice que un conjunto borroso es convexo si $\forall \alpha$ perteneciente a $[0,1]$, \tilde{A}_α es un intervalo cerrado. Y se dice que es normal, si $\forall x$ perteneciente \mathbb{R} , $\max \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$.

De esta forma, definimos un número borroso (NB) como un conjunto borroso convexo y normal, el cual puede ser expresados en función de sus α -cortes de la siguiente manera⁶⁵:

$$\tilde{A}_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)] \quad (3.10)$$

En particular, un número borroso triangular (NBT) es un NB determinado por 3 elementos (a_1, a_2, a_3) tales que: $a_1 \leq a_2 \leq a_3$. Un aspecto importante a destacar cuando se trabaja con NB es que no puede establecerse un orden lineal como cuando se opera con números reales. En consecuencia, existe una batería de criterios que nos permiten ordenar los NB. En este trabajo utilizamos un criterio basado en el cálculo del promedio de la distancia a izquierda y a derecha de Hamming de cada número respecto a un valor que se obtiene realizando el mínimo al valor más chico posible de todos los números borrosos a ordenar. En este caso, como estamos calculando la distancia para un solo NBT, el valor más chico posible es el primer elemento de ese NBT:

$$H(\tilde{A}) = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3 - 4a_1}{4} \quad (3.11)$$

⁶⁵ Para realizar operaciones con NB a través de α -cortes puede verse Lazzari, Machado y Pérez (1999).

Dando como resultado el valor nítido de un área, los NB se ordenan de menor a mayor de acuerdo a dicho valor.

3.2.2.1. Valuación de proyectos: Análisis PEST

En el desarrollo de las actividades económicas de todo proyecto de inversión, se encuentran presentes diversas variables que afectan positiva o negativamente y directa o indirectamente al mismo (Damodaran, 2015). Es de vital importancia para la empresa conocer, tanto estas variables, como su vínculo con el proyecto, para poder determinar el riesgo asociado que tienen los flujos futuros con el mercado en el que actúa.

En este contexto, el análisis PEST surge como una herramienta que permite, por medio de un estudio del macro-entorno, clasificar y examinar el impacto que tiene este vasto número de componentes en la empresa (Gimbert, 2003). Dicho análisis especifica factores políticos, económicos, sociales y tecnológicos para constituir el marco de referencia que define el macro-entorno.

Respecto del primero, los factores políticos, resulta necesario evaluar el impacto de todo cambio político o legislativo que pueda afectar a los negocios. Las acciones de los diferentes gobiernos y administraciones públicas alteran las condiciones competitivas de las empresas por medio de varias vías: la regulación de normas a la protección del medio ambiente y los derechos constitucionales, la protección a la inversión y la propiedad industrial e intelectual -ej. marcas, patentes-, la legislación tributaria y laboral, el fomento a la inversión, la regulación del mercado laboral, la forma de gobierno y su gobernabilidad, la estabilidad y el riesgo político, la legislación mercantil y administrativa, la política fiscal y tributaria, el poder de los sindicatos, etc.

Los factores económicos muestran la estrecha relación de las decisiones políticas con diversos índices que determinan el entorno económico. Entre estos es posible mencionar las tasas impositivas, de interés, inflación y desempleo, el tipo de cambio, el nivel de confianza del consumidor, el PIB, la calificación riesgo-país, la situación de la balanza comercial, los ciclos de mercado, las restricciones a la importación e inversión extranjera y la política monetaria, entre otros.

En tercer lugar, se encuentran los factores sociales. El análisis PEST se enfoca en las fuerzas que actúan dentro de la sociedad y que afectan las actitudes, intereses y opiniones

de la gente. Una empresa debe conocer los aspectos culturales, el contexto sociológico y las condiciones demográficas del mercado en el que pretende operar.

Finalmente, los factores tecnológicos son aquellos que pueden reducir las barreras de entrada y los niveles mínimos para producir eficientemente. Su desarrollo y aceleración modifican constantemente las condiciones en las que compete la empresa porque suponen la apertura de nuevas posibilidades y el peligro para aquellas que no puedan adaptarse. Entre los más importante se destaca la dependencia de la empresa de la tecnología y el proceso de evolución tecnológica existente en el mercado.

3.2.2.2. *Variables lingüísticas*

Bajo el esquema presentado en el análisis PEST, una empresa se encuentra con el estudio de variables que no aparecen en forma numérica, sino como oraciones -predicados vagos- o palabras. En estos casos, lo que se busca es establecer una valuación cuantitativa de los atributos descritos por la variable. Para ello, resulta necesario acordar, en primer lugar, sobre el nivel de distinción de las etiquetas utilizadas para describir la información vaga e imprecisa -granularidad- y en segundo término, acerca de la función de membresía que irá a caracterizar la variable lingüística -semántica-.

Respecto a la granularidad, Luisa Lazzari *et al.* (2006) destacan que un conjunto de etiquetas -denominado l_i - debe cumplir las siguientes propiedades:

- Orden: $l_i \leq l_j \text{ si } i \leq j$
- Existencia de un operador negación
- Existencia de un operador máximo
- Existencia de un operador mínimo

En el presente trabajo es utilizado un conjunto de 5 etiquetas que se corresponden con las propiedades descritas y que se encuentran acotadas en el intervalo $[0,1]$. Esto último responde al objetivo de homogeneizar la granularidad de las diferentes variables cualitativas. Por último, se consideran funciones de membresía triangulares para aprehender la incertidumbre de las mismas.

3.2.2.3. Aplicación a valuación de proyecto

Se presenta a continuación, un modelo funcional a la problemática, tendiente a estructurar los múltiples criterios que ingresan en el análisis de una empresa en el momento de tomar una decisión de inversión. La idea fundamental consiste en sumarle al cálculo del VAN un término que represente las condiciones del mercado con las que se inserta la empresa.

$$VAN^* = VAN + CM \quad (3.12)$$

La incorporación de este término significa considerar en el análisis de la viabilidad financiera el riesgo que corre la rentabilidad del proyecto, producto del macro-entorno. De esta forma, en caso de ser positivo significa un valor agregado para la inversión y en el caso de ser negativo, un factor que le quita utilidad. El cálculo del mismo está basado en el trabajo realizado por Luisa L. Lazzari y Patricia I. Moulia (2015) así como la notación allí empleada. En dicho trabajo se especifica un algoritmo con cinco pasos:

- (i) Elección de los conjuntos de términos lingüísticos:

Relacionado con la necesidad de establecer una valuación cuantitativa de los atributos descriptos por las variables cualitativas. Lo primero que debe hacerse entonces es determinar la granularidad y la función de membresía que caracteriza a estas variables.

- (ii) Construcción de la matriz de valuaciones Z:

El objetivo aquí es el de crear una matriz que organice las variables de manera de contar con un análisis descriptivo de los criterios y las alternativas disponibles por el inversor. De esta forma, se configura la matriz con tantas filas como alternativas y columnas como criterios se analice, donde los elementos de la misma están constituidos por números Z (v_{ij}) que sintetizan la valuación del estado de la variable y el nivel de confiabilidad vinculado con la valuación.

$$\begin{pmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

- (iii) Determinación del grado de importancia de cada criterio:

En este paso se toma consideración de las preferencias y el peso relativo que tienen las variables analizadas sobre el proyecto de inversión. Entonces, es

indispensable especificar una medida que dé cuenta de la importancia de cada variable. La propuesta considera diferenciar el valor actual neto del proyecto con el riesgo asociado al entorno donde se desarrollaría. Con esta primera distinción, consideramos la rentabilidad estimada junto con una idea de la volatilidad a la que puede ser sometida producto de las condiciones del mercado. Es en la última donde entra en juego la subjetividad del inversor para asignarle a cada variable del macro-entorno la ponderación correspondiente.

Dicha subjetividad es expresada por un término lingüístico que será representado por un NBT del intervalo [0,1]. De este modo, dada la importancia asignada a cada criterio (c_j) por el inversor y luego de ser cuantificada ($\tilde{P}_j = (p_{j1}, p_{j2}, p_{j3})$), el grado de importancia se calcula por el mismo criterio adoptado para ordenar NB:

$$p_j = \frac{p_{j1} + 2p_{j2} + p_{j3}}{4} \quad (3.14)$$

Finalmente, la ponderación para cada criterio se obtiene del siguiente modo:

$$w_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^n p_j} \quad (3.15)$$

(iv) Obtención de la valuación global de cada alternativa:

Lo primero que se debe hacer antes de obtener una valuación global es asegurarse que se está trabajando con una unidad de medida homogénea. Dado que en el análisis de la viabilidad financiera nos topamos con variables expresadas con diversos tipos de unidades, debemos entonces atender esta cuestión. Respecto a las variables lingüísticas, el problema lo resolvemos utilizando para todas ellas una semántica del intervalo $[-1,1]$. Y para el caso de las cuantitativas, las mismas deben pasar por un proceso de normalización, $N(\tilde{A}_{ij}) = (n(a_{ij}^1), n(a_{ij}^2), n(a_{ij}^3))$, que utiliza un criterio de beneficio cuando el provecho es mayor a valores más altos, y uno de costo en el caso contrario:

$$N_B(\tilde{A}_{ij}) = \left(\frac{a_{ij}^1}{\max_i a_{ij}^3} ; \frac{a_{ij}^2}{\max_i a_{ij}^3} ; \frac{a_{ij}^3}{\max_i a_{ij}^3} \right) \rightarrow \text{Criterio de Beneficio}$$

$$N_C(\tilde{A}_{ij}) = \left(\frac{\min_i a_{ij}^1}{a_{ij}^3} ; \frac{\min_i a_{ij}^1}{a_{ij}^2} ; \frac{\min_i a_{ij}^1}{a_{ij}^1} \right) \rightarrow \text{Criterio de Costo}$$

Para el caso del cálculo del VAN es importante observar que también se necesita normalizar los valores, por ende, para tal caso se utiliza el criterio de beneficio. Nótese que se normaliza dividiendo por el máximo del tercer elemento de entre todas las alternativas. Este aspecto es fundamental para obtener un resultado consistente que permita comparar distintos proyectos.

Una vez que se obtiene una escala homogénea, la valuación global consiste simplemente en realizar la sumatoria del producto de cada número Z normalizado por su factor de ponderación.

$$\widetilde{C}M_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot [N(\widetilde{A}_{ij}) \cdot \widetilde{B}_{ij}] \quad (3.16)$$

(v) Elección de la alternativa más adecuada:

Finalmente, todo modelo desarrollado con cantidades borrosas requiere una instancia de *defuzzication* por medio de la cual se obtiene una respuesta nítida. En nuestro caso, la respuesta que busca el inversor es el de decidir acerca de la viabilidad financiera de 2 o más proyectos de inversión. Para tal fin, el método consiste en ordenar de menor a mayor los NB resultantes de la suma del VAN borroso y la valuación global de cada alternativa de proyecto, por medio del criterio precisado en el apartado Números Borrosos, y elegir el mayor:

$$\text{Max} \{ \widetilde{VAN}_i + \widetilde{C}M_i \} \quad (3.17)$$

En el Apéndice A.3 se encuentra un ejemplo numérico del procedimiento descrito. A continuación, se muestra otra aplicación de los números Z en técnicas usuales para captar y procesar el juicio u opinión de expertos.

3.3. Hacia una práctica deliberativa entre expertos

De acuerdo a lo desarrollado hasta aquí, resulta alternativamente posible utilizar números Z (Lazzari y Mouliá, 2015; Zadeh, 2011) para incorporar a las técnicas Delphi y someter a discusión de expertos el VaR calculado.

La existencia de variables cualitativas, inherentes al comportamiento humano, o de elementos del ambiente externo de difícil cuantificación

objetiva, hace que a los individuos les resulte más adecuado expresar sus opiniones sobre un concepto vago o impreciso por medio de términos lingüísticos en lugar de utilizar valores numéricos exactos. (Lazzari y Mouliá, 2015:108)

En particular un número Z es un triple (V, A, B) , cuyas componentes indican una variable incierta (V), un número borroso (A) del dominio de la variable y el grado de certeza de dicho borroso (B) (Zadeh, 2011). En el caso de VaR, éste puede ser la variable incierta. El borroso A , puede ser calculado como se expuso anteriormente. La tercera componente puede ser hallada mediante un procedimiento Delphi, basado en la valoración de certeza de cada experto.

Las técnicas Delphi, como explican los pioneros, consiste en “(...) *a method for structuring a group communication process so that the process is effective in allowing a group of individuals, as a whole, to deal with a complex problem.*” (Linstone y Turoff, 1975). Más allá de las ventajas y desventajas de este procedimiento (Gupta y Clarke, 1996), la principal razón para incluirla como metodología interesante es que permite pensar en el grado de consenso entre especialistas en gestión de riesgo (Loo, 2002). En este caso, resulta muy importante diseñar correctamente el cuestionario al que se someta al conjunto de expertos (Okoli y Pawlowski, 2004), de manera tal de no influir en el consenso y extraer información valiosa acerca del grado de precisión de las técnicas tradicionales por sobre la valoración subjetiva del experto.

De esta manera, el presente apartado tiene por objetivo indagar sobre la importancia de someter la opinión de los expertos individualmente a la mirada del otro. El concepto que subyace es la deliberación como práctica responsable y plantea desafíos analíticos en, al menos, dos dimensiones: por un lado, la dificultad de consensuar en grupos de expertos cuando el tópico de opinión es la gestión de un riesgo bancario; por otro, la posibilidad de incorporar otros *stakeholders* -como pueden ser los clientes de un banco- y mediante la técnica Delphi, extraer sus opiniones de la gestión de este tipo de riesgosa partir de técnicas de publifocus⁶⁶. Respecto a este último punto, Gene Rowe y Lynn J.Frewer (2000) son concretos acerca de la inclusión de opinión pública en la gestión del riesgo:

⁶⁶ Este concepto, al igual que RRI, nace de los avances tecnológicos en materia de nanotecnología y su regulación como política pública. En esta tesis doctoral, se menciona la importancia de ser responsables con y para la sociedad, pero no se examinan detalladamente estos conceptos. Un trabajo interesante es el de Regula Burri y Sergio Bellucci (2008).

A consideration of the literature reveals the existence of a variety of methods and guidelines that might come under the public participation categorization, ranging from those that elicit input in the form of opinions (e.g., public opinion surveys and focus groups) to those that elicit judgments and decisions from which actual policy might be derived (e.g., consensus conferences and citizens' juries). In the risk domain, it is apparent that most of these procedures have been used for gaining public input with regard to more value laden and policy-oriented aspects of risk management, rather than for acquiring public input regarding the more technical aspects of risk assessment per se .(Rowe y Frewer, 2000:7)

Los autores reconocen que los aportes deliberativos de los grupos públicos conformados con la sociedad han sido más útiles en materia de opinión, que respecto a aspectos técnicos. La importancia de ser responsable con la sociedad, implica formar *focus groups* con clientes del banco de todos los niveles -individuos, PYMEs, Grandes Empresas-. El carácter deliberativo de un gobernanza responsable debe contemplar a todos los actores del mercado (Okoli y Pawlowski, 2004; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012). Por este motivo, se examina a continuación la técnica Delphi como modo de hacer interactuar las opiniones de individuos afectados por una determinada organización. A los fines del objetivo de esta investigación, se estudia críticamente la opinión de expertos en bancos, para la gestión responsable del riesgo de mercado.

Tal como explica Jon Landeta (2006) los inicios de la técnica Delphi se remonta a la década de 1940, dónde investigadores de la *RAND Corporation* (California, Estados Unidos) mostraron que la opinión de un grupo de personas es sustancialmente mejor que las opiniones personales en ciencias no exactas. Particularmente, el proceso que se describe en estas páginas, surgió como una metodología para la guerra. Por este motivo, muchos de los aspectos importantes tuvieron que esperar 20 años en ser desclasificados: *“In the sixties, and a result of the declassification of the Delphi method by the American Armed Forces from its previous category as reserved for military use, its use spread rapidly, both geographically and thematically, particularly towards technological forecasting and towards the evaluation of complex social problems.”*(Landeta, 2006:468).

Tras su desclasificación y revisión de los aspectos éticos que atañen al proceso de deliberación de expertos, surgieron las siguientes características (Landeta, 2006):

- (i) Es un proceso repetitivo: los expertos deben ser consultados por lo menos dos veces sobre la misma cuestión, para que puedan reconsiderar su respuesta, con la ayuda de la información que reciben del resto de los expertos.
- (ii) Mantiene el anonimato de los participantes o al menos de sus respuestas, ya que éstas se dirigen directamente al coordinador del grupo: esto significa que un proceso de trabajo en grupo puede desarrollarse con expertos que no coinciden en el tiempo o en el espacio y también pretende evitar la influencia negativa que podrían ejercer los factores en las respuestas individuales en términos de personalidad y estatus de los expertos participantes.
- (iii) Retroalimentación controlada: el intercambio de información entre los expertos no es libre, sino que se lleva a cabo por medio de un coordinador del grupo de estudio, para que se elimine toda la información irrelevante.
- (iv) Respuesta estadística del grupo: todas las opiniones forman parte de la respuesta final. Las preguntas se formulan para que las respuestas puedan ser procesadas cuantitativa y estadísticamente.

A partir de estas consideraciones, es posible ver que el proceso necesario para captar la opinión conjunta de un grupo de expertos requiere el diseño de un algoritmo. Dicha sucesión de pasos contempla al menos tres cuestiones fundamentales: la selección del grupo, el diseño del cuestionario o tópicos de discusión y la dinámica de conversación (en simultáneo, libre intervención, con un coordinador, etc.). El trabajo de investigación de J. Cantrill, B. Sibbald, y S. Buetow (1996) examina estas cuestiones y ensaya una serie de pasos a tener en cuenta en el diseño y ejecución de un proceso Delphi:

- (i) Desarrollar y poner a prueba el cuestionario.
- (ii) Establecer las definiciones de consenso.
- (iii) Identificar y analizar los acuerdos de los participantes.
- (iv) Someter el cuestionario a discusión y tomar nota de las reacciones por parte de los participantes.
- (v) Realizar un resumen de los comentarios individuales.

Las características generales de los participantes deben ser acordadas al inicio del estudio, los participantes seleccionados deben sentirse personalmente involucrados en el estudio, deben tener información pertinente para compartir, deben estar motivados para incluir este proceso en sus ocupadas agendas y deben sentir que las conclusiones obtenidas con la técnica Delphi generarán información que les será de valor (Delbecq, Van de Ven y

Gustafson, 1975). El siguiente esquema resume el procedimiento que luego será desarrollado en detalle:

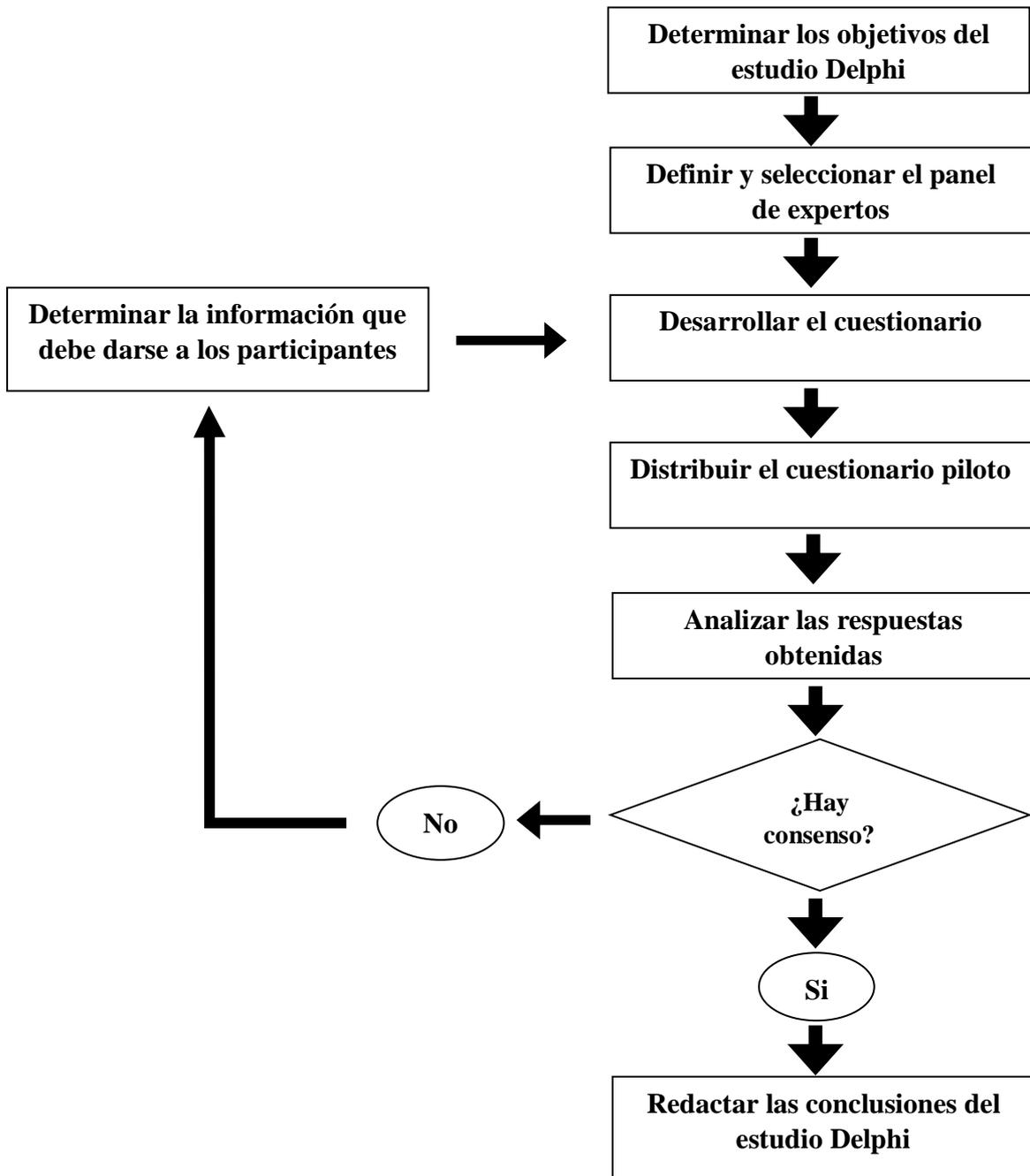


Gráfico 3.26: Procedimiento Delphi

Fuente: Elaboración propia en base a J. Cantrill *et al*(1996)

En su tesis doctoral, Patrick Horan (2010) realiza un interesante estudio acerca de la gestión de destinos turísticos (DMS, *Destination Management System*). En ella puntualiza

que el objetivo de un estudio Delphi es aclarar y refinar las respuestas del participante, a través de una serie de rondas dónde se discuten cuestionarios pre-elaborados (Horan, 2010:66-68). La cantidad de rondas puede variar de acuerdo al tópico que se esté tratando, como así también, al número de miembros del panel. Sin embargo, éste rara vez supera las tres, ya que ello podría provocar aburrimiento y frustración, lo que puede conducir a una alta tasa de desgaste entre los miembros del panel (de Meyrick, 2003).

El algoritmo para la implementación de la técnica de Delphi es extremadamente importante para garantizar su éxito general. La técnica emplea es un método sistemático para facilitar la construcción de nuevas ideas y aprendizajes sobre un tema específico (Horan, 2010). Story, V., Smith G. y Saker J. (2000) sostienen que el proceso puede ser dividido en tres fases separadas: exploración, síntesis y verificación. Independientemente del número de fases requeridas, para que un estudio Delphi funcione correctamente debe comenzar con una fase exploratoria.

En un proceso clásico, la ronda inicial sería denominada como exploratoria, empleando intencionalmente un enfoque abierto / no estructurado para estimular el pensamiento libre (Keeney, McKenna y Hasson, 2011). Esta instancia debe reflejar claramente los objetivos del estudio, ya que a su vez, permite a los participantes decidir los temas que se incluirán para la discusión en las rondas subsiguientes (Gibson y Miller, 1990). Los resultados de la ronda inicial de un estudio de Delphi no sólo influye en los resultados finales de la investigación, sino que también configuran las preguntas y la estructura de las rondas subsiguientes, como se puede apreciar en el esquema anterior.

A diferencia de los estudios cuantitativos que imponen una agenda específica al tema de investigación, un estudio de Delphi no intenta hacerlo. La investigación cualitativa suele ser mucho más fluida que la investigación cuantitativa, ya que muchos de los elementos dependen de los sujetos y su valoración (Lang, 1995). Además, un estudio exitoso de Delphi también debería proporcionar a los participantes una amplia oportunidad para agregar criterios, ideas, teorías y cuestiones adicionales en las rondas sucesivas del estudio.

Las últimas rondas del estudio se unen para formar la fase de evaluación de la técnica Delphi. Éstas son normalmente vehículos por los cuales los participantes pueden refinar y ponderar los criterios e ideas proporcionados mediante el uso de cuestionarios formalizados estructurados (Lummus, Vokurka y Duclos, 2005).

Si bien la fase de evaluación de la técnica Delphi es principalmente de naturaleza cuantitativa, todavía solicita aportes adicionales, ideas y criterios de carácter cualitativo. Por último, el uso de cuestionarios iterativos no requiere que los participantes estén disponibles en un intervalo de tiempo específico para interactuar con otros miembros del panel. Es decir, que el proceso iterativo en su totalidad, puede no darse en un recinto con los expertos en simultáneo discutiendo. En la práctica, esta última no es la modalidad más usual.

Dentro de la literatura tradicional, Harold Linstone y Murray Turoff (2002), trabajan la temática desde mediados de la década de 1970. Afirman al respecto que las técnicas Delphi son procedimientos de comunicación estructurada en el que juega un rol activo las opiniones individuales, y permite alcanzar consensos al discutir en grupo fenómenos complejos. Los autores mencionan las circunstancias en las cuales la técnica es recomendable (Linstone y Turoff, 2002:4):

- (i) El problema no se presta a técnicas cuantitativas precisas, pero puede beneficiarse de juicios subjetivos sobre una base colectiva.
- (ii) Los individuos necesarios para contribuir al examen de un problema complejo no tienen los antecedentes de comunicación adecuados. Sin embargo, poseen antecedentes y experiencia sobre un tema y pueden considerarse expertos
- (iii) Se necesita más individuos que los que pueden interactuar eficazmente en un intercambio de ideas cara a cara.
- (iv) El tiempo y el costo hacen que las reuniones frecuentes de grupo sean inviables.
- (v) La eficiencia de las reuniones cara a cara puede incrementarse mediante un proceso de comunicación de grupo.
- (vi) Los desacuerdos entre los individuos son tan severos o políticamente desagradables que el proceso de comunicación debe ser arbitrado y / o asegurado el anonimato. No obstante, la heterogeneidad de los participantes debe ser preservada para asegurar la validez de los resultados.

En dichas circunstancias, las técnicas Delphi son recomendables. En particular, los puntos (iii) y (iv) están en sintonía con lo que remarca la tesis de Patrick Horan (2010) respecto a que no necesariamente el proceso iterativo se realiza en una sesión de expertos reunidos en un recinto. Por cuestiones de procedimiento, alcanza con que una persona oficie de árbitro, como puntualiza el punto (vi).

Harold Linstone y Murray Turoff (2002) describen que actualmente, se aplican las técnicas Delphi de dos maneras. Por un lado, se encuentra el ejercicio Delphi, que consiste en la circulación de un cuestionario, diseñado por un grupo pequeño de evaluadores. Cada experto lo completa en forma individual y sus respuestas son analizadas por un equipo de coordinación. Éste, en base a los resultados obtenidos, elabora un nuevo cuestionario. Esta metodología permite darle a cada encuestado la oportunidad de revisar su respuesta, tomando en cuenta lo que haya surgido de la opinión del colectivo. Hasta cierto punto, esta forma de Delphi es una combinación de un procedimiento de votación y un procedimiento de conferencia, que intenta desplazar una parte significativa del esfuerzo necesario para que los individuos se comuniquen desde el grupo encuestado más grande, al equipo de coordinación más pequeño. Esta es la técnica Delphi tradicional (Linstone y Turoff, 2002:5).

Alternativamente, existe una nueva técnica denominada conferencia Delphi. La misma consiste en reemplazar el grupo de coordinación por herramientas computacionales que resuman las opiniones individuales y reprogramen cada ronda. Este último enfoque tiene la ventaja de eliminar el retraso causado al resumir cada ronda de Delphi, convirtiendo el proceso en un sistema de comunicaciones en tiempo real. Obviamente, esta técnica requiere que la herramienta virtual desarrollada tenga la sensibilidad necesaria para adaptar las respuestas individuales hasta converger o no en una forma consensuada. En presencia de un grupo coordinador humano, esta desventaja comunicacional no se experimenta (Linstone y Turoff, 2002:5).

A continuación, se desarrollan las tres partes fundamentales de las técnicas Delphi mencionadas hasta aquí: el diseño del formulario, el proceso iterativo de análisis y determinación del consenso y, finalmente, las limitaciones fundamentales.

3.3.1. Construcción del cuestionario

La primera observación respecto del diseño del cuestionario piloto es que como cualquier otro, debe ajustarse a las normas profesionales para el diseño de cuestionarios (Mullen, 2003). Estas normas señalan que los materiales deben estar bien preparados de antemano y que no debe haber errores gramaticales o de ortografía en las preguntas o preámbulo de presentación. Sobre las instrucciones de la tarea, éstas deben ser inequívocas y probadas

a fondo, la carta de presentación de una página debe agradecer a la persona por participar y debe decir cuánto tiempo le demandará la respuesta completa del mismo. Sobre este punto, Penélope Mullen (2003) opina que en la fase piloto, el cuestionario debe completarse en un máximo 30 minutos. Luego, en las siguientes rondas debe bajar el tiempo necesario para la respuesta, de manera tal de no agobiar al experto. Se requieren insumos y se debe explicar cómo se utilizarán los resultados del Delphi; cómo se debe completar el cuestionario y cuál es la fecha de respuesta para el mismo (Delbecq, Van de Ven y Gustafson, 1975).

En general, los cuestionarios constan de tres pasos. El primero consiste en generar tantas ideas como sea posible. En el segundo paso se procede a reducir la lista a aquellos puntos más importantes. Finalmente, en el paso tres, se establece el ranking de la lista según los factores más importantes (Horan, 2010). Las preguntas iniciales deben centrarse en el problema principal y diseñarse para poner de manifiesto el argumento seguido para llegar a la respuesta, los factores relevantes para el problema, una estimación de los factores y la información sobre el tipo de datos necesarios.

La primera pregunta puede adoptar dos formas: una pregunta amplia en la que los participantes crean subcategorías y variables, u organizarse de modo tal que el cuestionario aproxime la investigación hacia una situación en la que las variables ya están desarrolladas y la preocupación radica sólo en el refinamiento y en establecer una dinámica orientada hacia el consenso (Delbecq, Van de Ven y Gustafson, 1975). Si se utiliza una pregunta amplia, se debe alentar a los participantes a que presenten tantos temas como sea posible en la primera fase.

En otro trabajo de investigación interesante, Chitu Okoli y Suzanne Pawlowski (2004) opinan que el cuestionario de la primera ronda debería contener preguntas abiertas y cerradas, donde las abiertas permitan a los encuestados cuestionar el campo de la encuesta. Señalan también que el cuestionario de la primera ronda debe ir acompañado de un documento que motive a los panelistas a participar en una encuesta y define los conceptos centrales para que todos ellos tengan el mismo conocimiento y hechos cuantitativos. Los mencionados autores, hacen un estudio minucioso acerca del modo en que deben seleccionarse los miembros del panel de encuestados, tema que se retomará más adelante.

En la primera ronda, se debe transmitir a los participantes que sus respuestas están destinadas a pasar progresivamente de la discusión general no estructurada abierta a una más estructurada y con recomendaciones específicas durante las sucesivas rondas (Cricher y Gladstone, 1998). Tal como puntualizan Lay Gibson y Mark Miller (1990), los resultados deben ser compilados y analizados con rapidez a medida que se devuelven, para asegurar una comprensión correcta y mejorar el tiempo de respuesta.

La segunda ronda debe enviarse a todos los miembros del panel que fueron nominados originalmente, independientemente de si participaron en la primera, ya que algunas personas se sienten incómodas frente a preguntas abiertas (Gibson y Miller, 1990). Algunos autores también consideran que al finalizarla última ronda, se debe incluir una pregunta muy amplia y abierta para dar a los participantes la oportunidad de resumir todo el estudio.

El pilotaje de los cuestionarios debe ajustarse a las normas profesionales. Para un estudio piloto se pide a los encuestados que completen el cuestionario y con frecuencia, esta práctica da lugar a revisiones sustanciales en el diseño de la encuesta. El número de participantes seleccionados para el piloto dependerá de la cantidad de miembros del panel (Cantrill, Sibbald y Buetow, 1996).

Otra característica que aumenta el valor del proceso Delphi, tal como puntualiza Patrick Horan (2010), es el hecho de que todos los participantes proporcionan sus opiniones de manera independiente y permanecen anónimos hasta que el estudio se completa. El anonimato se utiliza para reducir los problemas negativos asociados con la interacción grupal y para permitir a un grupo de individuos sin relación previa, comunicarse eficazmente. Esto sólo puede ocurrir porque la técnica de Delphi elimina la interacción directa del grupo, en el sentido de que todas las respuestas y retroalimentación son filtradas a través de un coordinador, permitiendo así que los miembros del grupo interactúen con los pensamientos, ideas y ponderaciones del otro de manera indirecta, a través del cuestionario.

El anonimato dentro del proceso reduce la influencia de las personalidades fuertes y dominantes, los egos, la presión del grupo para conformarse y el deseo de algunos panelistas de llegar a un consenso con las ideas o argumentos de individuos muy respetados: la tendencia de seguir al líder (Delbecq, Van de Ven y Gustafson, 1975). El anonimato también permite un debate controlado y asegura que la técnica Delphi

aproveche todos los puntos positivos y ninguno de los malos asociados con la interacción grupal (Gordon, 1994). En otras palabras, el consenso y los resultados obtenidos a través de un estudio Delphi surgen de argumentos racionales presentados por los miembros del grupo individual, y no como producto de las personalidades involucradas (Lummus, Vokurka y Duclos, 2005).

El empleo del anonimato tiene importantes implicaciones en las opiniones y puntos de vista propuestos durante un estudio y alienta una mayor libertad de respuesta en los participantes (Loo, 2002). Permite también, que un individuo ofrezca una opinión o vote de una cierta manera que no haría públicamente por muchas razones. Por último, el uso del anonimato posibilita a un participante cambiar su punto de vista en iteraciones posteriores, sin ninguna repercusión alguna (de Meyrick, 2003). A continuación, se estudian críticamente algunas consideraciones relacionadas con la conformación del grupo o panel y la convergencia o no hacia un consenso.

3.3.2. Análisis y determinación del consenso

Chas Critcher y Bryan Gladstone (1998) establecen que el alcance de los procedimientos y análisis depende de la intención del estudio; advierten al respecto que los ítems con dudas sustanciales sobre su viabilidad deben ser eliminados. Por su parte, Penélope Mullen (2003) puntualiza que aunque no todos los estudios de Delphi buscan el consenso, es importante explorar los desacuerdos para asegurar un estudio exitoso. Por ejemplo, un estudio de política puede tener el propósito de establecer las diferentes posiciones de los participantes (Linstone y Turoff, 2002).

La decisión de buscar o no un consenso debe basarse en el propósito del estudio Delphi (Mullen, 2003). En esa línea, Chas Critcher y Bryan Gladstone (1998) aseguran que los resultados de un estudio pueden incluir: identificación del grado de consenso o disentimiento, especificación de una gama de posiciones diferentes, un estudio sobre las razones que están detrás de las opiniones, etc. Sinead Keeney, Hugh McKenna y Felicity Hasson (2011) indican que el consenso puede tener muchas connotaciones diferentes, dependiendo de su referencia. Sin embargo, el concepto de consenso también podría calificarse de convenio colectivo. Por lo general, éste alude a la colaboración en lugar de

compromiso. La opinión en estos casos no es adoptada por una pluralidad, sino que las partes interesadas se reúnen, hasta que se alcanza una convergencia de opinión.

Patrick Horan (2010) considera que la fase más crítica en cualquier estudio de Delphi es el proceso de selección de panel, porque el nivel de especificidad de los expertos determina en gran medida la calidad de los resultados obtenidos (Lang, 1995). El objetivo del proceso de selección de panel es identificar individuos que coincidan con los criterios esbozados para su inclusión en el estudio. Algunos investigadores han sugerido que es el deber del coordinador del estudio Delphi asegurarse de que existe una selección representativa de los *stakeholders* implicados (Linstone y Turoff, 2002).

Algunos investigadores abogan por la inclusión de un panel ampliado en la etapa inicial del proceso de Delphi, con el fin de fomentar la representación de una extensa gama de ideas y pensamientos (Loo, 2002), mientras otros argumentan que esto no es necesario, porque los paneles de más de 30 participantes rara vez rinden nuevas ideas, pensamientos, argumentos o cuestiones (Okoli y Pawlowski, 2004). El proceso de selección de los paneles se estructura en general, en tres etapas: la definición de un experto, la determinación del número de miembros apropiado para su inclusión en un panel y el proceso de selección real (Story *et al.*, 2000).

Respecto de la primera etapa, un proceso Delphi exitoso requiere que se usen criterios estrictos para asegurar que los participantes sean efectivamente expertos en el campo bajo investigación; la selección aleatoria de los participantes no es una opción en este tipo de estudios (de Meyrick, 2003). Por lo tanto, la primera cuestión que rodea el proceso de selección del panel, implica la decisión de cómo definir adecuadamente a un experto en el contexto de un estudio en particular. Ésta no es una tarea sencilla ya que su definición como tal depende en gran medida del tema investigado. En esta tesis doctoral, la definición de experto fue desarrollada en detalle en el capítulo 1, donde se puntualizó en la práctica profesional anticipativa como aspecto responsable. Asimismo, se analizó críticamente por medio de entrevistas no-estructuradas, la incidencia de la opinión de expertos en la gestión de riesgos de mercado bancarios.

Por su parte, Oscar Gutiérrez (1989) define a un experto como una persona que participa activamente en el área de investigación, tiene un conocimiento íntimo de la misma y está comprometida con una comprensión más profunda. Por lo tanto, los miembros del panel deben ser elegidos en función de sus conocimientos, capacidades e independencia. Un

panel de expertos bien seleccionado debe tener la capacidad de identificar un amplio número y gama de ideas y perspectivas sobre un área específica de interés. El nivel de experiencia del panel también es fundamental para el éxito de todo el estudio, ya que estas personas deben ser capaces de hacer una contribución válida y competente al proceso (Cantrill, Sibbald y Buetow, 1996).

La selección del panel también debe considerar la naturaleza internacional e interdisciplinaria de los individuos involucrados. En pocas palabras, si bien se considera útil a los individuos con un conocimiento profundo de una parte específica de la investigación, pero muy poco conocimiento del resto del campo objeto de investigación, es preferible un individuo con un conocimiento íntimo de ambos (Linstone y Turoff, 2002). Cuando se seleccionan individuos basado en su experiencia, es necesario utilizar criterios explícitamente definidos, que sean transparentes y puedan ser verificados (de Meyrick, 2003). La experiencia se decide normalmente a partir de un conocimiento individual del tema o en su registro de publicación. En el siguiente esquema Chitu Okoli y Suzanne Pawlowski (2004:21) resumen el proceso en cinco pasos:

<u>Paso 1:</u> Preparar la hoja de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los recursos del conocimiento • Identificar disciplinas relevantes • Identificar capacidades: académicas, prácticas, de gobierno, etc.
<u>Paso 2:</u> Completar la hoja de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Escribir nombres de individuos con nivel de importancia académica • Escribir nombres de individuos con capacidades comprobadas (experiencia) • Escribir nombres de individuos con alcance de gobierno o sector público
<u>Paso 3:</u> Nominaciones adicionales	<ul style="list-style-type: none"> • Contactar a los expertos citados en el paso anterior • Solicitarles a esos expertos que sugieran algún contacto adicional
<u>Paso 4:</u> Ranking de expertos	<ul style="list-style-type: none"> • Crear listas por disciplina • Categorizar a los expertos y ordenarlos de acuerdo a un criterio específico
<u>Paso 5:</u> Invitar expertos	<ul style="list-style-type: none"> • Invitar a expertos para cada panel, con los paneles correspondientes a cada disciplina • Invitar a expertos en el orden de su ranking dentro de su sub-lista de disciplina • Los paneles deben tener entre 10 y 18 expertos

Cuadro 3.1: Proceso Delphi en cinco pasos

Fuente: Elaboración propia en base a Chitu Okoli y Suzanne Pawlowski (2004:21).

La técnica de Delphi se ha aplicado ampliamente en varios ámbitos, pero no existe una posición clara respecto al número óptimo de participantes, aunque el cuadro anterior lo manifieste en líneas generales. Además, no hay criterios disponibles para evaluar la aceptabilidad del tamaño del panel. El número de participantes es típicamente muy pequeño (Delbecq, Van de Ven y Gustafson, 1975), por lo que los individuos incluidos deben tener un alto nivel de experiencia para poder contribuir plenamente al proceso. Sin embargo, el tamaño del panel puede ser considerado importante ya que la fiabilidad y legitimidad de los resultados mejora al aumentar el número de participantes. No obstante, es importante destacar que no es el objetivo de un estudio de Delphi producir resultados estadísticamente significativos. El tamaño, una vez más, depende mucho de la naturaleza y el contexto de la investigación que se está llevando a cabo (Story *et al.*, 2000). En un trabajo interesante, Klaus Brockhoff (1975) sugiere que el tamaño mínimo aceptable de un panel de Delphi exitoso puede ser tan bajo como 4 participantes.

Respecto de la construcción de consenso, la mayoría de los estudios utilizan una escala de Likert para identificar los criterios de calificación (Cantrill, Sibbald y Buetow, 1996; Keeney, McKenna y Hasson, 2011; Mullen, 2003) donde puede usarse, por ejemplo, la siguiente definición de consenso (Cantrill, Sibbald y Buetow, 1996):

- (i) Consenso de que el tema debe ser considerado: más del 75% de los participantes calificó al ítem mayor que 5.
- (ii) Consenso de que el tema debe ser excluido: más del 75% de los participantes calificó al ítem menor que 3.
- (iii) No consenso: el ítem no cumplió con ninguno de los criterios anteriores.

Por lo general, las proposiciones son juzgadas en contra de la conveniencia, factibilidad e importancia (Critchler y Gladstone, 1998). Una definición precisa de las escalas está dada por Irene Jillson (1975) como se muestra a continuación.

- (i) Escalas de factibilidad:
 1. *Definitivamente factible*: puede ser implementado. No se requiere trabajo de investigación y desarrollo -actualmente se dispone de tecnología necesaria-. Será aceptable para el público en general
 2. *Probablemente factible*: alguna parte del objetivo se puede implementar. Se requiere cierto trabajo de investigación y desarrollo -la tecnología existente necesita ser ampliada y / o adaptada-.

3. *Puede o no ser factible*: pruebas contradictorias pueden ser implementadas. Se necesita un esfuerzo de investigación y desarrollo -la tecnología existente puede no ser adecuada-. Algunas indicaciones pueden no ser aceptables para el público en general.
4. *Probablemente imposible*: tendrá un efecto negativo con poco o ningún efecto positivo. Costos sociales superiores a los beneficios sociales. Sólo puede justificarse en conjunción con un elemento muy deseable. Nocivo en sí mismo.
5. *Definitivamente imposible*: tendrá un efecto negativo importante. Los costos sociales superan con creces cualquier beneficio social. No justificable. Extremadamente dañino en sí mismo.

(ii) Escalas de importancia:

1. *Muy importante*: un punto muy relevante. Primer orden de prioridad. Tiene relación directa con los principales problemas. Debe ser resuelto, o tratado.
2. *Importante*: es relevante para el tema. Prioridad de segundo orden. Impacto significativo, pero no hasta que se traten otros ítems. No tiene que ser totalmente resuelto.
3. *Moderadamente importante*: puede ser relevante para la cuestión. Prioridad de tercer orden. Puede tener impacto. Puede ser un factor determinante para el tema principal.
4. *Poca importancia*: insignificamente relevante. Baja prioridad. Tiene poco impacto. No es un factor determinante para el problema principal
5. *Sin importancia*: no hay prioridad. No hay relevancia. Ningún efecto medible. Debe ser eliminado como un elemento a considerar.

En el estudio de Irene Jillson (1975), las calificaciones de viabilidad y conveniencia se tradujeron a puntuaciones de grupo sumando los valores de escala y dividiendo el total por el número de calificaciones. Este procedimiento trata escalas nominales como datos de intervalo. La cuestión de cuándo detener las iteraciones está determinada por dos criterios estadísticos objetivos. Por ejemplo, un consenso fuerte (mayor de 0,70).

Finalmente, Chitu Okoli y Suzanne Pawlowski (2004:24), en línea con el análisis desarrollado hasta aquí, presentan al proceso de aplicación del estudio Delphi en tres fases:

<p><u>Fase 1:</u> Tormenta de ideas (<i>brainstorming</i>)</p>	<p>Para esta fase solamente, tratar a los expertos como individuos, no como paneles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario 1: Pida a los expertos que enumeren los factores relevantes (sin ordenarlos). <p>Consolidar estas dos listas de todos los expertos, independientemente del panel.</p> <p>Eliminar los duplicados exactos y unificar la terminología.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario 2: Enviar listas consolidadas a los expertos para su validación. <p>Refinar la versión final de las listas consolidadas.</p>
<p><u>Fase 2:</u> Refinamiento (efecto embudo)</p>	<p>A partir de ahora tratar a los expertos como paneles (de acuerdo a cómo se los haya agrupado).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario 3: Enviar a cada experto listas confactores clasificados. <p>Cada experto selecciona (no clasifica) por lo menos diez factores en cada lista.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para cada panel distinto, retener los factores seleccionados por más del 50% de los expertos.
<p><u>Fase 3:</u> <i>Ranking</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario 4: Pida a los expertos que clasifiquen los factores en cada una de las listas desplegadas de su panel. <p>Calcular el rango medio de cada elemento.</p> <p>Evaluar el consenso para cada lista dentro de cada panel usando la W de Kendall.</p> <p>Compartir comentarios con cada panelista y pedir que vuelvan a clasificar cada lista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reiterar hasta que los panelistas lleguen a consenso o consenso.

Cuadro 3.2: Fases del estudio Delphi

Fuente: Elaboración propia en base a Chitu Okoli y Suzanne Pawlowski(2004:24)

Luego de plantear y discutir el análisis de la conformación de los paneles de expertos y la noción de consenso, es necesario analizar las principales limitaciones de la técnica Delphi, que advierte la literatura tradicional.

3.3.3. Limitaciones

De acuerdo a lo desarrollado hasta aquí, resultan naturales algunas consideraciones por las cuales los procesos Delphi fallan (Linstone y Turoff, 2002:6):

- (i) Cuando se imponen las visiones del grupo de coordinación y las preconcepciones de un problema por sobre el grupo encuestado.
- (ii) Cuando se sobre-especifica la estructura del Delphi. De esta manera, no se permite la contribución de otras perspectivas relacionadas con el problema.
- (iii) Cuando se supone que Delphi puede ser un sustituto de todas las demás comunicaciones humanas en una situación dada.
- (iv) Cuando se poseen técnicas deficientes para resumir y presentar la respuesta del grupo y asegurar interpretaciones comunes de las escalas de evaluación utilizadas en el ejercicio.
- (v) Cuando se ignoran y no exploran los desacuerdos, de modo que los disidentes desanimados abandonan y se genera un consenso artificial.
- (vi) Cuando se subestima la naturaleza exigente de un Delphi y el hecho de que los encuestados deben ser reconocidos como consultores y compensados adecuadamente por destinar su tiempo a este proceso -si el Delphi no es una parte integral de su función de trabajo-.

No obstante esta enumeración, Delphi en tanto técnica y estudio de las vinculaciones de opiniones, resulta ser muy interesante y adecuada para este caso. En este trabajo de tesis doctoral, la discusión planteada se vincula con dos aspectos relevantes: por un lado, respecto del uso de opinión de expertos en la gestión de riesgo de mercado en bancos; por el otro, por la necesidad de pensar en la configuración de un sistema que capte el aspecto deliberativo como dimensión del carácter responsable que debe tener la gestión y su regulación.

Respecto del primer punto, las técnicas Delphi permiten armar un cuestionario y conformar un grupo de expertos -como las encuestas realizadas en el capítulo 1-, para poner a consideración algunas cuestiones importantes respecto a la medición, control, mitigación y gestión del riesgo de mercado. En este punto, tanto la deliberación presencial -mesa redonda de discusión-, como el procedimiento descrito en el apartado anterior, permiten llevar a cabo un proceso responsable. Para esta investigación, es posible discutir

críticamente los alcances de la metodología -modelos matemáticos- en la determinación de la cola de la distribución -tamaño y peso- y el nivel de confianza del modelo que se utilice. De esta manera, se capta la experiencia del experto y se la somete a las opiniones de pares dentro de la organización. Para que este procedimiento incorpore a los distintos agentes de la sociedad, debería incluir en el *focus group* a individuos, gerentes de empresas, ciudadanos, etc. Este aspecto fue trabajado en el sub-apartado anterior y atañe a la idea de con y para la sociedad.

A partir de esto último, es posible pensar en un protocolo de gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. Las técnicas examinadas permiten conformar un comité de expertos que anticipe, reflexione y delibere acerca de los dos aspectos que escapan a los modelos matemáticos analizados. El comité de expertos puede configurar un modelo híbrido de gestión que utilice y mejore los modelos matemáticos formales pero que a su vez, incorpore en la gestión el juicio y experiencia de los miembros. A continuación, se presenta un protocolo de modelo de gestión basado en estos lineamientos y a partir de allí, algunas recomendaciones en la búsqueda de un sistema responsable de gestión de riesgos.

3.4. Propuestas para un modelo híbrido de gestión

A lo largo del capítulo se ha avanzado en la discusión acerca de la práctica responsable necesaria para la gestión del riesgo de mercado bancario. En particular, se ha focalizado el análisis en la dimensión deliberativa, que contempla la problemática de la estimación del riesgo de cola y nivel de confianza y, a partir de la interpretación de las mediciones objetivas, el modo en que intervienen los expertos con sus opiniones. Para ello, se ha examinado críticamente la formalización de la opinión de un experto, mediante técnicas borrosas de procesamiento de datos cualitativos y cuantitativos. Más tarde, se estudió la interacción de varios de ellos con estudios Delphi.

En este apartado, a modo de construcción teórica y aporte de la presente investigación, se propone un modelo híbrido de gestión del riesgo de mercado en organizaciones bancarias, basado en la interacción entre los modelos formales del capítulo anterior y la opinión de expertos que incorpora las características de responsabilidad: anticipativa, reflexiva y

deliberativa. Es decir, a las dimensiones tratadas en los anteriores capítulos de esta tesis, se le adicionan las prácticas deliberativas y todo ello se subsume en una propuesta de modelo protocolizado.

Para realizar esta tarea, se retoma la discusión del paradigma de innovaciones financieras responsables (RIF) y se revisan críticamente los Comité de Nuevos Productos, como propuesta responsable. A partir de dicha revisión, se propone el modelo mencionado y se analiza cada aspecto, a la luz de la teoría de la incertidumbre en la gestión dentro de las organizaciones. Finalmente, se exhibe el modelo como propuesta protocolizada.

3.4.1. Revisión crítica de los Comité de Nuevos Productos

En el presente capítulo, se examinó la herramienta de VaR para la gestión de riesgo de mercado. En particular, el riesgo de mercado afecta a la posición financiera mediante factores de riesgos que deben ser muy bien identificados, para poder estimar eficientemente sus parámetros. La sencillez de su formulación, hace este enfoque muy popular. Si se quiere incorporar el juicio de expertos en la estimación de pérdidas poco probables, pero altamente desfavorables, la literatura provee de construcciones teóricas a tal fin; para ello fueron expuestas algunas ideas básicas de cómo incorporar esta información cualitativa, que provee un experto desde su lingüística, en el cálculo del VaR de una posición. La idea central que se discutió es estudiar cómo se puede afectar el cálculo, sabiendo que en muchas circunstancias la magnitud teórica sobre o subestima el verdadero valor de la función de pérdidas esperadas. Para ello, es posible utilizar *fuzzy logic*, como fue expuesto y, en el extremo, consensuar la opinión de varios expertos con un diseño de entrevistas basado en *Delphi technics*.

Para lograr articular los conceptos desarrollados y proponer un modelo híbrido que contemple los modelos formales y que ajuste responsablemente su uso con la opinión de expertos, es necesario recoger algunos aportes de la primera parte de esta tesis doctoral. En el primer capítulo de esta investigación, se examinó detalladamente el marco regulatorio y se lo relacionó con los conceptos de gobernanza responsable. El principal aporte fue el análisis crítico de las regulaciones y el rol de las entidades supervisoras en lo que respecta a riesgos bancarios. En particular, si la regulación de los riesgos es considerada una innovación, entonces el paradigma de RRI da lugar a la idea de

innovaciones financieras responsables (Armstrong *et al.*, 2011). Puntualmente es la comunidad europea quien realiza un protocolo de innovación financiera responsable a partir de la creación de Comités de Nuevos Productos. Para que los mismos productos y procesos sean responsables, deben salvaguardar el cumplimiento de siete focos: foco en funciones, en reglas morales, en internalización de valores, en consecuencias agregadas, en responsabilidad, en precaución y finalmente, en democracia. El siguiente cuadro resume la discusión planteada:

Foco en...	Innovación Financiera Responsable (RIF)	Comité de Nuevos Productos (NPC)
Funciones	Cuando se habla de innovación responsable (Muniesa y Lenglet, 2013; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012) y se hace foco en las funciones, una posible respuesta es que se entiende una innovación responsable como aquella que conserva las funciones de las finanzas en la economía.	Los NPC son lugares donde la función de los nuevos productos puede ser revisada por los miembros (adecuadamente seleccionados). Es posible explicitar las ideas y debates que surjan de los ideales de cada miembro.
Reglas morales	Se pone en juego la necesidad de que se solo se autoricen aquellos proyectos que cumplan con principios de moral.	Debe existir dentro de los NPC un oficial de cumplimiento de las normas morales. La figura del oficial debe analizar los diferentes aspectos de la innovación y tratar de encontrar problemas no atendidos bajo su dirección.
Internalización de valores	Las RIF sean llevadas a cabo por agentes con valores morales intrínsecos. Es necesario que se estudie el entramado social y los	Las actividades de los individuos al interior de las firmas se manifiestan en primera persona del plural. Se

	canales de transmisión de conductas socialmente aceptadas, a la vez que se controlen las conductas indeseadas.	generan así hábitos y conductas regidas por la internalización de normas específicas.
Consecuencias agregadas	Una innovación es RIF sólo si considera los efectos relacionados con la difusión del programa novedoso. En términos económicos se relaciona con la idea de sustentabilidad, investigación y desarrollo (De Souza, 2010; OECD, 2002).	Los NPCs deben ser lugares donde se ensayen y simulen distintos escenarios con el propósito de realizar el esfuerzo de resolver preocupaciones puntuales. En el caso de la medición de impactos vía riesgos, deben existir esfuerzos relacionados a transformar la incertidumbre de eventos futuros en sucesos predecibles (medición del riesgo).
Responsabilidad	En relación a las innovaciones financieras, se debe poder no sólo rastrear las responsabilidades individuales, sino que los agentes deben poder reconocerlas como tales.	Ciertos agentes involucrados, deben explicar cómo y asumir(o no) la responsabilidad de lo que genere la innovación en cuestión. Dichas personas pueden provenir de diversos departamentos dentro del organigrama de la entidad financiera en cuestión.
Precaución	Precaución implica considerar el desarrollo al interior de la organización de redes de seguridad que complementen los ideales de responsabilidad.	Un NPC debería ser un lugar en el que se plantee la discusión acerca de la cantidad y proporción del programa de innovación a desarrollar. Es

	Esto está relacionado con los acuerdos de Basilea II y III.	decir, es necesario pensar adecuadamente la escala o magnitud del proyecto.
Democracia	Una RIF debe poder ser discutida en todos sus aspectos relevantes por todas las partes involucradas. Relacionada con los tres focos anteriores (consecuencias agregadas, responsabilidad y precaución) el hecho de incluir aspectos democráticos en la construcción y control de innovaciones financiera, implica generar mecanismos de legitimidad de las actividades involucradas.	Los NPCs permiten un proceso de deliberación (o discusión) relativamente informal, dónde las preocupaciones de los individuos se someten al consenso colectivo, y se guardan en la memoria de la organización (que puede llevarse mediante algún soporte digital). La mejor propuesta sería conformar un NPC en el que cada voz tenga el mismo derecho a voto (mismo valor), independientemente de quien profese la opinión o ponga a consideración el tratamiento de una problemática.

Cuadro 3.3: Protocolo de RIF a partir de la creación de Comités de Nuevos Productos

Fuente: Elaboración propia en base a Armstrong *et al* (2011)

En el contexto de investigaciones responsable en innovación -paradigma RRI- se pone de manifiesto la necesidad de regular y producir cambios organizacionales en productos y procesos, con y para la sociedad (Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012). Se rompe de esta manera, la vieja tradición de producir en sociedad. En el paradigma RRI y en particular en la gestión de riesgos bancarios, es necesario pensar a los agentes innovando con y para la sociedad en la que están co-construyendo lazos sociales:

The first emerging feature of contemporary RRI discourse we suggest is one that is concerned with the purposes of science and innovation, and the underlying motivations and intentions for these. It seeks to go beyond what

we do not want science and innovation to do —the well-known and well-documented preoccupation with characterising and managing unintended risks (the latter often through regulation)— but what we do want it to do. (Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012:754).

El concepto que prevalece en la dinámica organizacional y regulatoria es el compromiso ético de todos y cada uno de los participantes interesados (*stakeholders*). Dicho compromiso deviene en “buenas prácticas” con y para la sociedad, como dimensión de lo inclusivo. Asimismo, deben profundizarse las prácticas responsables tendientes a fortalecer las otras tres dimensiones: anticipativa, reflexiva y deliberativa. Sin embargo, Owen, Macnaghten y Stilgoe (2012) advierten un hecho ineludible: la práctica responsable contempla las dimensiones mencionadas, pero únicamente es posible pensar el proceso como iterativo, continuo y flexible donde se pongan en juego estas dimensiones en forma simultánea: “*We have brought these three dimensions together to construct a framework for responsible innovation, stressing the need for this to be an iterative, continuous and flexible process of adaptive learning.*” (Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012:755).

Estas prácticas responsables tienen su aplicación en algunas entidades europeas. Owen McIntyre (en Wendt, 2015), reconoce que la banca de desarrollo europea (*Multilateral Development Banks*, MDB) está implementando prácticas estándares de buena gobernanza. Las políticas denominadas medioambientales, sociales y gobernanza corporativa (ESG, por sus siglas en inglés) son adoptadas inicialmente por la Comunidad Económica Europea, pero en la actualidad el fenómeno tiende a globalizarse:

The ESG policies and standards initially adopted by MDBs, which often incorporate and informally enforce values set down in national and international law on environmental protection, social protection and human rights, are also now reflected in the Equator Principles (EPs), adopted by 80 private sector lenders in 35 countries covering over 70 % of international project finance debt in emerging markets. This organic movement towards the emergence of a set of universally accepted good governance standards, applying to both public and private actors at the global, regional, national and local levels of administration, has been described by observers of the ‘global administrative law’ phenomenon. (Wendt, 2015:144)

En este contexto, las prácticas anticipativas, reflexivas y deliberativas se configuran como un ser y deber ser en la dinámica organizacional y regulatoria responsable. Rolf D. Häßler y Till Hendrik Jung (en Wendt, 2015), enuncian los seis principios de una inversión responsable (Wendt, 2015:362):

- (i) Incorporar las políticas ESG en todos los procesos de análisis y toma de decisiones.
- (ii) Ser propietarios activos e incorporar ESG en todas las políticas y prácticas de propiedad de la organización.
- (iii) Procurar que las entidades en las que la organización invierte⁶⁷ divulguen adecuadamente las emisiones de ESG.
- (iv) Promover la aceptación y aplicación de estos principios dentro del mercado (industria) en su conjunto.
- (v) Trabajar en conjunto para mejorar la efectividad en la implementación de los Principios al interior de la organización.
- (vi) Cada miembro de la organización informará sobre las actividades y avances en la implementación de los Principios.

Estos Principios de Inversiones Responsables (PRI, en inglés) se conjugan en el paradigma RRI y tienen estrecha relación con los siete focos que se plantearon para el caso de los NPCs. Los primeros dos principios, hacen referencia a la inclusión y plantean fuertemente una dimensión anticipativa en términos de buenas prácticas responsables. El tercer principio, se vincula con la información transparente y también es anticipativo. El cuarto en cambio, busca ser reflexivo al promover la universalización de la regulación responsable en el mercado en cuestión -en este caso, bancario-. Finalmente, los principios cuarto y quinto hacen referencia a la práctica deliberativa; trabajar en conjunto por el bien común y comprometer a cada miembro de la organización a informar y trabajar responsablemente.

Luego de estudiar críticamente la propuesta de Margaret Armstrong *et al.*(2011) y de contextualizar la discusión en el entorno de la gestión responsable de riesgo de mercado en organizaciones bancarias, es posible delimitar algunas características deseables. En el

⁶⁷ En la presente tesis doctoral, las organizaciones bancarias invierten en las empresas a las que les prestan fondos. Es decir, la colocación de líneas de crédito es un acto de inversión por parte de los bancos. El principio que enuncia allí está relacionado con la divulgación y transparencia de la información financiera de los clientes bancarios.

siguiente apartado, se estudian estas características y sus dimensiones de responsabilidad como argumentos de la propuesta de modelo responsable.

3.4.2. Propuesta de modelo responsable

Durante la presente investigación doctoral, se han realizado análisis críticos del marco regulatorio de los riesgos bancarios, en particular, de mercado, de la práctica profesional en bancos a partir de las teorías de la decisión en el *corpus* de la ciencia de la administración y de los modelos estadísticos para la medición y seguimiento de la exposición a dicho riesgo -valores objetivos-. En este capítulo, el objetivo de la investigación ha posibilitado que se llegue a una propuesta de modelo de gestión.

Hay dos tópicos fundamentales en la propuesta: por un lado, la necesidad de vincular la objetividad de los modelos matemáticos con la subjetividad de la opinión de expertos que son los que toman decisiones en las organizaciones bancarias; por el otro, hacer de este procedimiento una práctica responsable -anticipativa, reflexiva y deliberativa-. Por este motivo, el presente apartado muestra el contenido teórico y metodológico que resulta en los aportes concretos de esta investigación, en vistas de las dos cuestiones planteadas.

De acuerdo con el primer tópico, existe una necesidad de utilizar la información objetiva y adaptarla, en el proceso decisorio, con la visión del experto. Por este motivo, cobra relevancia la teoría de la incertidumbre -subjetiva- con la medición de riesgos -objetiva-. En el capítulo anterior, se ha examinado en detalle el concepto de racionalidad humana y su relación con la teoría de la decisión. Como se puntualizó, la teoría de utilidad esperada (EUT) y la teoría de decisiones basadas en casos (CBDT) son complementarias (Gilboa y Schmeidler, 2001:52). En los casos en que se presentan situaciones de ignorancia estructural CBDT es mejor que EUT (Gilboa y Schmeidler, 2001:53):

If a problem is formulated in terms of probabilities, EUT is certainly a natural choice for analysis and prediction. Similarly, when states of the world are naturally defined, it is likely that they will be used in the decision maker's reasoning process, even if a (single, additive) prior cannot be easily formed. However, when neither probabilities nor states of the world are salient (or easily accessible) features of the problem, CBDT may be more plausible than EUT. (Gilboa y Schmeidler, 2001:52)

La determinación del espacio de posibilidades o espacio muestral es un hecho subjetivo. Depende de la óptica del agente decisor y debe contemplar el juicio de expertos (Halpern, 2003). También, si la práctica implica una gestión eficiente del riesgo de mercado abarcando a todos los agentes de la organización bancaria, debería ser responsable. Por este motivo, resulta imprescindible pensar en un mecanismo que contemple los modelos formales, pero esté afectado por el juicio de expertos. En igual sentido, la regulación debe contemplar esta dinámica responsable. El proceso debe ser anticipatorio, reflexivo y deliberativo, como fue argumentado a lo largo de los capítulos de esta tesis doctoral.

Ahora bien, la gestión de riesgo en organizaciones bancarias debe tener en cuenta el contexto incierto, pero a su vez, combinar la medición objetiva con las opiniones o sesgos cognitivos que tenga el gerente o experto. En este sentido, Nassim N. Taleb, Daniel G. Goldstein y Mark W. Spitznagel (2009) analizan los errores que cometen los expertos en la gestión de riesgos. En particular, señalan que éstos son referentes en materia de cisnes negros, es decir, eventos extremos no predichos por los modelos de gestión. Tal como se trabajó a lo largo de esta investigación, el carácter performativo de los modelos financieros hace que la actitud desmesurada o irresponsable de los agentes que interactúan en el mercado, produzca situaciones críticas o anómalas. Los autores reconocen seis errores típicos que los tomadores de decisiones cometen en la gestión del riesgo financiero.

El primero, corresponde a las situaciones donde el experto cree poder manejar los riesgos simplemente prediciendo los eventos extremos. Las organizaciones deben concentrar sus esfuerzos en la gestión de las consecuencias, a una baja probabilidad, de los eventos de alto riesgo de impacto, en lugar de gastar todo su tiempo en tratar de predecir la causa real de un evento de riesgo potencial. En el entorno empresarial, es común que la administración se centre en eventos extremos, mientras que deja fuera otras posibles causas de los riesgos. En este sentido, señalan que en lugar de intentar predecir tipos de eventos extremos, los gerentes deben estimar el posible impacto de uno de estos eventos extremos y pensar en sus planes en caso de que ocurra ese escenario. Al aprovechar las oportunidades, la administración debe considerar el impacto y las consecuencias de antemano en lugar de preocuparse por todas las posibilidades de exposición al riesgo (Taleb, Goldstein y Spitznagel, 2009).

En segundo lugar, los autores mencionados reconocen que otro error típico es suponer que el pasado explica perfectamente lo que sucederá a futuro. Advierten que los expertos,

a menudo utilizan la historia para predecir la ocurrencia de eventos futuros -como se ha mostrado al principio del capítulo-. Es importante entonces, abandonar la idea de que los números y las estadísticas son las mismas que las probabilidades en el mundo real: no lo son. El éxito es casi imposible de predecir y las empresas deben estar preparadas para asumir el impacto de un evento aleatorio, no alcanzado por los límites del modelo formal. No se pueden predecir los eventos de un cisne negro, nunca. Si se predijese, no sería un cisne negro.

El tercer error típico de gestión del riesgo es considerar que la visión individual es la única verdad posible. Es decir, en general, los expertos no son proclives a escuchar consejos. Sobre todo, aquellos consejos sobre lo que no se debe hacer. Los gerentes de negocios suelen poner más énfasis en el crecimiento de los beneficios en lugar de evitar las pérdidas (Taleb, Goldstein y Spitznagel, 2009). O al menos, evitarlas y lograr el mayor crecimiento de ganancias con el mismo nivel de importancia. A veces, es mejor evitar ciertos riesgos -pérdidas posibles- con el fin de tener mejor éxito en el futuro. Los especialistas se centran en la pérdida, los novatos en la búsqueda desesperada de ganancias.

En cuarto lugar, los autores mencionan el hecho de que el riesgo se puede medir mediante el desvío estándar de una distribución de probabilidades. Sin embargo, éste no debe utilizarse para evaluar y gestionar el riesgo. Buscar una medida precisa de riesgo es problemático porque los gerentes sólo se prepararán para la situación más probable. Esta situación, como es sabido, no siempre es la que se produce. El uso del desvío estándar complica las mediciones y las hace difíciles de entender, incluso para aquellos profesionales más cercanos a las ciencias exactas.

El quinto error que reconocen los autores es que lo que resulta matemáticamente equivalente a algo, no lo es psicológicamente. Además de las complicaciones matemáticas de la medición cuantitativa del riesgo, es importante entender que los diferentes canales y métodos de comunicación pueden confundir a los receptores del mensaje, incluso si se utilizan las mismas cifras numéricas. Por ejemplo, si se le dice a un inversionista que en promedio, perderá todo su dinero sólo cada 30 años, es más probable que invierta que si le dicen que tienen una probabilidad del 3,30% de perder una cierta cantidad cada año (Taleb, Goldstein y Spitznagel, 2009). La interpretación psicológica de estas dos afirmaciones puede crear grandes diferencias en las personas dispuestas a asumir estos riesgos, aunque las cifras de la exposición a los mismos sean matemáticamente equivalentes. Al proporcionar información de dicha exposición a

inversionistas, accionistas y otros *stakeholders*, es necesario pensar en la forma en que se describe el riesgo para entender la verdadera medición.

Finalmente, el sexto error típico de los expertos en la gestión de riesgos financieros es considerar que la eficiencia y la maximización del valor de las firmas -acciones- no son redundantes. Según Taleb, *et al.* (2009), el apalancamiento hace que las empresas sean frágiles. Las empresas que hacen de su producción algo muy específico, están limitando su capacidad de adaptarse a los cambios en el entorno económico. Tener menos deuda, da a las compañías la oportunidad de cambiar con los tiempos, mientras que mantiene la eficacia en sus operaciones de negocio actuales. Las ganancias deben estar sujetas a un esquema de negocios flexible; de esta manera la exposición a los riesgos es menor por la capacidad de adaptación que tengan las firmas.

Nassim N. Taleb, *et al.* (2009) también mencionan que los ejecutivos no deben recibir una compensación basada en la exposición a los riesgos que están dispuestos a gestionar para la entidad. Los altos ejecutivos están menos interesados en maximizar el valor de las acciones y, probablemente, se benefician en situaciones de auge y dejan que las acciones pierdan su valor en momentos recesivos del ciclo. “Esta sociedad del riesgo nos propone un juego donde el ganador se lleva toda la riqueza, probablemente sin riesgo y deja los peligros emergentes de su actividad económica al resto de la sociedad” (García-Fronti y Fusco, 2010:20). En general, es importante no subestimar los eventos negativos. La naturaleza humana sobredimensiona las posibilidades positivas y subestima las negativas (Taleb, Goldstein y Spitznagel, 2009). Los expertos deben centrarse en evitar riesgos fuera de su apetito y darle tanta o más consideración a la gestión de las probabilidades de pérdidas futuras, en lugar de beneficios esperados.

Más allá de las dificultades que encuentra el *manager* en la gestión de los riesgos financieros en entidades bancarias, es un hecho que el riesgo es un fenómeno co-construido y, por lo tanto, afectado por las relaciones sociales (Beck, 1998). Este fenómeno de entender a los riesgos en sociedad, desarrollado por Ulrich Beck (1998), es una perspectiva visceral en los mercados financieros. Como explican Javier García Fronti y Miguel Ángel Fusco (2010):

(...) el concepto de riesgo definido por un evento aleatorio no condicionado por la actividad humana y totalmente independiente al comportamiento de los mismos, se contrapone con la nueva concepción del riesgo en la cual los

agentes influyen sobre lo que en el futuro, repercutirá sobre ellos u otros agentes que no han participado. (García-Fronti y Fusco, 2010:19).

Por este motivo, es necesario pensar en que la incertidumbre y su medición a través del riesgo no puede ser un fenómeno que desconozca el carácter social que lo construye y motoriza. En línea con este paradigma de la sociedad del riesgo, los sociólogos identifican a los riesgos como aquellos peligros en los que interviene la humanidad y afecta tanto de manera directa como indirectamente. A menudo éstos no son geo-referenciados ni definidos en el tiempo. En cambio, una situación peligrosa se presenta como aquella adversidad de la que el accionar humano es indiferente. Es decir, el carácter exógeno hace posible la medición formal con modelos matemáticos y a partir de dicha medición, gestionar las pérdidas esperadas mediante el cálculo de probabilidades (Beck, 1998).

Siguiendo a Ulrich Beck (1998), los riesgos se originan por la actividad humana y sus impactos muchas veces exceden lo gestionado por las empresas aseguradoras o el mercado financiero -instrumentos derivados, por ejemplo-. Al ser producto de la actividad humana, son co-constituídos por la sociedad a través de las innovaciones. Ésto dificulta la modelización actuarial, en la medida que sus causas y consecuencias están dominadas por la propia dinámica de los individuos en sociedad. En el extremo, los eventos catastróficos son altamente improbables, es decir, su probabilidad de ocurrencia tiende a cero, mientras que la pérdida contingente esperada es de una intensidad muy alta. Matemáticamente, la probabilidad de ocurrencia del evento extremo tiende a cero y la pérdida a infinito. Esto constituye un hecho imposible de regular desde el punto de vista tradicional. Dicho escenario del riesgo, tal como fue descrito, se denomina irresponsabilidad organizada (Beck, 1995).

Por los motivos expuestos que fueron desarrollados por los sociólogos del riesgo en la década de 1990, su carácter co-constituido e irresponsabilidad, resulta necesario pensar en un protocolo de gestión responsable.

En los últimos 20 años, el mercado financiero global se ha complejizado y ha desarrollado anomalías que derivaron en profundas crisis (Han, 2015). Cuando Ulrich Beck escribió sus libros, posiblemente la gestión individual de los riesgos era un hecho posible de realizar y en todo caso, la coacción de varios de ellos produce este esquema de irresponsabilidad organizada. En la actualidad, como producto de los avances tecnológicos y de las profundidades de los mercados financieros, ni siquiera es posible la

gestión individual de cada uno de ellos. Esta tesis doctoral sostiene dicho argumento a lo largo de la investigación. Por este motivo, se plantea la necesidad de proponer un modelo de gestión híbrido que contemple la interacción entre los expertos y los modelos matemáticos y computacionales, aún aquellos sofisticados. Adicionalmente, el modelo debe ser anticipativo, reflexivo y deliberativo.

Para comenzar a describir estos aspectos, es necesario situar la discusión en el paradigma de incertidumbre, riesgo y gestión organizacional. Respecto de esto último, Gudela Grote (2009) en su libro sobre gestión de la incertidumbre en organizaciones, desarrolla un esquema teórico que define a la incertidumbre desde una visión de un profesional (*practitioner*). Define entonces a la incertidumbre como la ausencia de información o, mejor dicho, como la diferencia entre la necesidad de información que requiere una empresa para tomar una decisión y la que ésta posee:

(...) uncertainty may concern the probability of an event (state uncertainty), a lack of information about the outcomes of an event and the underlying cause-effect relationships (effect uncertainty), or a lack of information about response options and their likely consequences (response uncertainty).
(Grote, 2009:12)

La competencia del experto para manejar grandes cantidades de información, normalmente ambigua, influirá fuertemente en el grado de incertidumbre que se percibe en esos casos. Dada la importancia de dichos expertos en la toma de decisiones, se ha argumentado frecuentemente que las medidas de incertidumbre deben centrarse en la incertidumbre percibida por los tomadores de decisiones, en lugar de hacerlo en las mediciones objetivas de la incertidumbre que ofrecen los modelos estadísticos. Por este motivo, el mencionado autor hace énfasis en que la habilidad personal de cada experto para lidiar con la información ambigua y tomar decisiones contingentes es lo que lo caracteriza como líder y referente en la organización. En este sentido, existe incertidumbre en el medio ambiente –mercados- y, tal como destaca Gudela Grote (2009), incertidumbre interna a la organización. Las tareas individuales están vinculadas a través del diseño técnico y organizativo de la organización, de manera que crean fuentes de incertidumbre y permiten formas particulares de manejarla. Normalmente, se distinguen tres tipos de interdependencia de tareas (Grote, 2009:17): interdependencia agrupada (*pooled interdependence*), secuencial (*sequential interdependence*) y recíproca

(*reciprocal interdependence*). Respecto de la primera, se presenta cuando el rendimiento general es una suma de los rendimientos individuales. El desempeño de otros miembros de la organización puede afectar el trabajo de cada individuo, pero sólo indirectamente a través de contribuciones paralelas a un objetivo superior. La interdependencia secuencial proviene del flujo de trabajo unidireccional, en la que el rendimiento individual depende del cumplimiento adecuado de las sub-tareas anteriores, como en una línea de ensamblaje fordista. Finalmente, la interdependencia recíproca implica que la información y los resultados de las actividades individuales deben intercambiarse continuamente entre los miembros del equipo.

Each type of task interdependence involves particular causes of uncertainty for the individual actors. For instance, in a situation of pooled interdependence, uncertainty is mainly created by inappropriate programmes used to coordinate individual tasks, as well as by problems in the fulfilment of individual tasks such as machine breakdown. Sequential interdependence implies that uncertainties are handed down along the process and, if not handled adequately, create a series of problems throughout the process. Reciprocal interdependence involves multiple parallel sources of uncertainties, such as misunderstandings about task requirements, changes in individual plans for task fulfilment, or inadequate consideration of interfaces in project specifications. (Grote, 2009:18)

El problema de la interdependencia es fundamental para entender cómo el diseño organizacional crea incertidumbre, es decir, co-construye el riesgo. En este sentido, el protocolo de modelo de gestión híbrido debe contener los lineamientos generales de lo que se espera del funcionamiento. Para ello, en lo que resta del presente apartado se hará énfasis en los aspectos relevantes del modelo y su diseño en cuanto a la gestión responsable del riesgo de mercado y la creación de un Comité de Expertos a los fines de instrumentar dichas propuestas. Respecto de las funciones, es necesario aclarar que la gestión responsable del riesgo de mercado debe basar su medición en modelos matemáticos cuya aceptación sea de todo el mercado bancario. En este sentido, las funciones del Comité de Expertos son extensiones directas de los aportes del capítulo 2 de la presente tesis, donde se examinaron en detalle los fundamentos estocásticos de los modelos tradicionales y modernos para la medición del riesgo de mercado bancario. El Comité de Expertos debería estar conformado por especialistas en modelos estadísticos,

buscando la simplicidad en la implementación y el consenso con otros agentes del mercado. Es muy importante, como se destacó oportunamente, que la implementación computacional sea eficiente y los expertos busquen los métodos más sencillos posibles. Si el modelo es muy sofisticado, pueden ocurrir dos hechos que dificulten la toma de decisiones y conlleven a pérdidas mayores de las deseadas: que el tiempo de ejecución del algoritmo para la medición del riesgo sea mayor de lo deseable; alternatively, que el modelo requiera demasiada información estructurada y precisa o que solamente pueda procesar y entender el matemático a cargo. En ambos casos, se presenta la dicotomía clásica entre relevancia y precisión de la información generada. Si la información es muy relevante, normalmente, es poco precisa (Shang y Hossen, 2013). Por ejemplo, en aquellas decisiones en las que tomar recaudos rápido, en muy poco tiempo, es mejor que esperar a que pase el tiempo y actuar en consecuencia. Por el contrario, aquella información que es muy precisa, es normalmente irrelevante. Nuevamente, es una conjunción de las dos dificultades mencionadas. Ningún modelo estadístico, por más preciso y sofisticado que sea, predice perfectamente lo que sucederá en el futuro.

De acuerdo al paradigma de responsabilidad (Armstrong *et al.*, 2011; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012) que forma parte del marco teórico de la presente investigación, el diseño de la propuesta debe tener al menos tres dimensiones: anticipativa, reflexiva y deliberativa. La presencia de dichas dimensiones en el protocolo, deben dar cuenta de su impacto en la gestión responsable del riesgo de mercado en bancos y su aplicación al Comité de Expertos como propuesta de modelo híbrido de gestión. Asimismo, es importante destacar que la presente propuesta es el resultado de los aportes que se han realizado a lo largo de esta investigación doctoral.

Respecto de la dimensión anticipativa, el primer capítulo de esta tesis doctoral ha examinado el problema del marco regulatorio y la dinámica organizacional en contextos de crisis. En tal sentido, la gestión responsable del riesgo de mercado en bancos debe poder anticipar los efectos de posibles riesgos extremos. La divulgación de la información de manera transparente y confiable es un pilar fundamental para regular la práctica profesional. Los órganos supervisores y las autoridades en materia de regulación poseen las facultades para anticipar los posibles desvíos que se puedan producir en el mercado. La información poco transparente y el uso desmedido de instrumentos derivados financieros en estrategias especulativas hacen que la dinámica del mercado financiera produzca situaciones de crisis auto-generadas. En este sentido, mecanismos como las

pruebas de estrés (Drehmann, 2009; Longin, 2000; Schuermann, 2013) pueden ser muy útiles en la supervisión bancaria, atendiendo la necesidad de ser una práctica responsable en la dimensión anticipativa. Al respecto, la Comunidad Económica Europea realiza hace varios años a través de la Autoridad Bancaria Europea (EBA, por sus siglas en inglés), las pruebas de estrés en entidades de la región. El resultado es publicado y muestra las principales fortalezas y debilidades de los mercados financieros europeos, como así también, los aspectos resilientes de las entidades. Este hecho en particular, es muy interesante porque del resultado de las pruebas integrales surge una idea del mercado financiero de la eurozona, en este caso. Si el resultado muestra un mercado muy expuesto a los riesgos, las diversas entidades -sobre todo las más pequeñas- tenderán a tomar recaudos más conservadores y este hecho puede auto-generar o desencadenar una crisis sistémica.

Respecto de esto último, David Greenlaw *et al.* (2011) examinan las pruebas de estrés de la Reserva Federal de Estados Unidos y las que realizó en 2010-2011 la EBA. A partir de ciertas consideraciones, establecen las características o principios que debe poseer un esquema de pruebas de estrés para ser macroprudencial. En primer lugar, es necesario diferenciar las pruebas de estrés consideradas microprudenciales, de las llamadas macroprudenciales. La primera de ellas, se basan en los lineamientos de Basilea y su importancia radica en los ratios de capitales mínimos al interior de cada entidad financiera. El enfoque macroprudencial se caracteriza por el enfoque en la regulación financiera dirigida para mitigar el riesgo del sistema financiero como un todo o riesgo sistemático. Tras la última crisis financiera, hubo un creciente consenso entre los responsables políticos y los investigadores económicos acerca de la necesidad de reorientar el marco regulatorio hacia una perspectiva macroprudencial. Las hojas de balance deben contemplar las oscilaciones de mercado.

Para realizar pruebas de estrés bajo esta determinación, David Greenlaw *et al.* (2011) proponen cinco principios. El primero de ellos, indica que los bancos deber ser suficientemente solventes para evitar corridas. El capital necesario es significativamente más alto que los ratios de solvencia tradicionales o de Basilea. Este principio tiene estrecha relación con la taxonomía en la que muestran la interacción de dos bancos sistémicos. Un banco sistémico se define como aquel cuya crisis o bancarrota dispara una crisis financiera general, es decir, que son muy importantes en el mercado (Greenlaw *et al.*, 2011:13).

Si existen relaciones de deuda entre bancos con esas características, lo que sucede es que se produce un efecto derrame o disparador de crisis en la medida que la solvencia de los mismos sea insuficiente. Este encadenamiento se puede dividir en cuatro tipos:

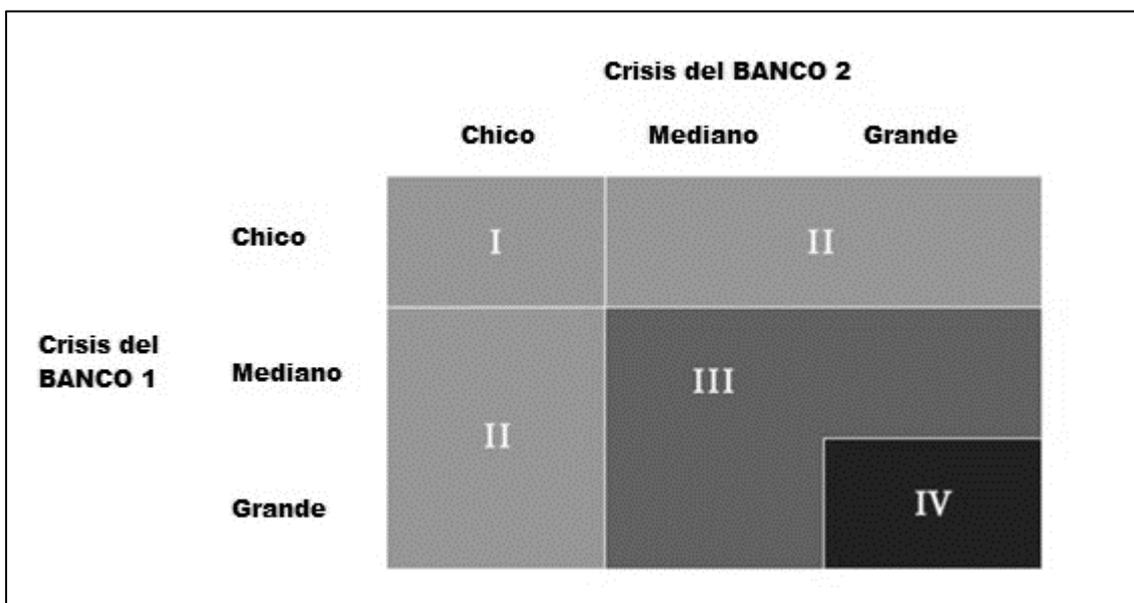


Gráfico 3.27: Taxonomía del derrame de crisis bancarias

Fuente: Greenlaw *et al.*(2011:20)

Según se observa, en I lo que sucede es que ambas entidades son solventes. En este caso se puede resolver con *Credit Default Swaps* (CDS) a tasas bajas sin mayores problemas en general (Hull, 2009; Rebonato, 2002). En II, las firmas solventes pueden absorber a las más débiles. Este juego implica buenas noticias para algunos bancos y malas para otros, pero no necesariamente se producen crisis. En III, sucede que no existe suficiente solvencia para que se produzca lo que en II. Asimismo, los CDS son bastante más altos para ambas entidades; es una situación compleja. El peor escenario es IV, donde ambos son insolventes. Esto conduce a crisis debido a la presencia de baja capitalización y defaults correlacionados. Esta taxonomía permite identificar y gestionar posibles crisis, a la vez que articular pruebas de estrés que sean macroprudenciales en el sentido de la solvencia del sistema.

Respecto de la propuesta de esta tesis doctoral, en lo que respecta al Comité de Expertos en cada entidad bancaria, éste debería proveer de información confiable al Organismo

Regulador a los fines de anticipar posibles situaciones de estrés en la industria bancaria, provocados por efectos indeseados de indicadores de macroeconómicos en las carteras de los bancos. Las prácticas como el NPC son las que mejor anticipan posibles crisis, temática que se examinó en detalle en el capítulo 1. De esta manera, el Comité de expertos debe estar conformado por especialistas de la gerencia de riesgos, ingenieros financieros y empleados experimentados de la mesa de operaciones. La dinámica de la conformación del grupo de expertos tiene que tener en cuenta la estructura organizacional del banco, ya que no resulta del mismo modo para cualquier envergadura. Esta configuración de la estructura del banco en cuestión y la conformación del Comité de Expertos, lleva a la consideración de las otras dos dimensiones de responsabilidad restantes.

En relación a la dimensión reflexiva, la gestión del riesgo de mercado debe tener en cuenta la conformación del grupo de expertos que toman decisiones para la gestión, mitigación y el control de los efectos del mencionado riesgo. La internalización de valores y la participación de todos los miembros de una organización fomentan la práctica reflexiva como dimensión importante para el diseño de mecanismos de regulación y seguimiento de la *performance* del mercado en su conjunto. En este sentido, el Comité de Expertos debería basar su gestión en obtener información de la mayor cantidad de *stakeholders* posible. El proceso decisorio tiene que gozar de legitimidad en todos los niveles organizacionales. Asimismo, garantizar las reglas morales y las buenas prácticas en el ejercicio de ese poder. El primer capítulo de esta investigación ha mostrado cómo el juicio de expertos impacta en la práctica profesional. Por este motivo, la práctica reflexiva invita a reconsiderar la idea de responsabilidad con y para la sociedad. La conformación del grupo de expertos, mencionada anteriormente, implica poder mejorar las mediciones matemáticas con la intuición de los agentes experimentados. Pero para que esta práctica sea responsable con la sociedad, dicho grupo debe considerar las opiniones de las empresas que son clientes del banco y los individuos que tienen productos bancarios - cuentas sueldo, cajas de ahorro previsionales, créditos personales, etc.-. Esta dimensión, tal como sucedió con la anterior, conduce a pensar en la última práctica responsable abordada por esta tesis.

La dimensión deliberativa, refiere a la práctica responsable destinada a moderar la dinámica de las discusiones en los grupos mencionados. De esta manera, la gestión responsable del riesgo de mercado bancario basa sus pilares en la visión precautoria y visibilizando el impacto de todas las medidas en la realidad de la sociedad en el futuro.

La sustentabilidad de mercado, los principios precautorios y la democracia son el sustento de las prácticas responsables. En este sentido involucrar a distintos agentes experimentados en la lectura de las fuentes de información, es de vital importancia para llevar a cabo una gestión eficiente del riesgo de mercado. Las distintas entidades bancarias no pueden evadir la realidad. El accionar irresponsable es perjudicial para todo el medioambiente y, por lo tanto, para la sociedad en su conjunto. Ahora bien, el banco que lleva a cabo prácticas no responsables debe ser consciente que perjudicar al ambiente no solo impacta en otras entidades, sino que atenta contra sí mismo. Por este motivo, la dimensión deliberativa del accionar responsable del Comité de Expertos es fundamental para direccionar la gestión, control y mitigación de los efectos nocivos del riesgo de mercado, a la vez que evita propagar o transferir estos efectos en otras entidades o la sociedad. En este sentido, esta tesis doctoral propone que el Comité desarrolle un mecanismo que direccione los resultados objetivos de la medición de riesgos con la subjetividad de los expertos. La práctica profesional debería complementar a los indicadores que provienen de modelos matemáticos. El Comité de Expertos debería tener la posibilidad de mejorar los datos *input* del modelo de medición y control de la exposición a riesgo de mercado. Asimismo, debería tener la capacidad de involucrar a otros agentes para la decisión del umbral de riesgo extremo que está dispuesto a gestionar y el nivel de confianza del modelo. Como se mencionó en la sección 3.3., las técnicas Delphi son un método interesante para captar el juicio de expertos. Estas técnicas y los estudios basados en ellas, no solo delimitan al grupo de expertos -práctica reflexiva-, sino que desarrollan y mejoran los indicadores que luego son utilizados en la regulación -práctica anticipatoria-. Estos indicadores son el resultado de la interacción de los expertos para responder a los tópicos planteados en el diseño de los formularios -encuestas, entrevistas- y dado el carácter iterativo de la técnica, evolucionan responsablemente hasta captar dicha interacción. Involucrar a la mayor cantidad de grupos sociales distintos (*stakeholders*) enriquece la práctica deliberativa y, a la vez, construye una gestión responsable con y para la sociedad.

3.4.3. Hacia un protocolo de modelo híbrido de gestión

En el anterior sub-apartado, se ha analizado en detalle y críticamente una propuesta de modelo de gestión híbrido que contemple la interacción entre los expertos y los modelos matemáticos y computacionales y a su vez, sea responsable. Para esta propuesta, fue considerado un paradigma de la gestión de la incertidumbre en organizaciones y se trasladó esta problemática en la gestión del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. En el presente sub-apartado, se recogen las principales características desarrolladas anteriormente, de modo tal de tener un protocolo del modelo propuesto de manera más concreta y referenciada en los distintos capítulos de la presente investigación doctoral.

Por lo desarrollado hasta aquí, es posible y necesario protocolizar un modelo híbrido de gestión responsable del riesgo de mercado en bancos, cuya dinámica comprenda las dimensiones del paradigma de responsabilidad: prácticas anticipativas, reflexivas y deliberativas. El siguiente cuadro resume algunas ideas al respecto:

Aspectos relevantes	Gestión responsable del riesgo de mercado	Comité de Expertos
Funciones	El riesgo de mercado debe basar su medición en modelos matemáticos cuya aceptación sea de todo el mercado bancario.	El Comité de Expertos debería estar conformado por especialistas en modelos estadísticos (capítulo 2), buscando la simplicidad en la implementación y el consenso con otros agentes del mercado.
Práctica anticipativa	Las prácticas profesionales deben responder a un esquema de regulación en el que la información se divulgue de manera transparente y sea anticipativa	El Comité de Expertos de cada entidad bancaria debería proveer de información confiable al Organismo Regulador a los fines de anticipar posibles

	de posibles riesgos extremos que lleven a una crisis sistémica.	situaciones de estrés en la industria bancaria, a causa de efectos indeseados de indicadores de macroeconómicos en las carteras de los bancos. Las prácticas como el NPC son las que mejor anticipan posibles crisis (esto se examinó en detalle en el capítulo 1).
Práctica reflexiva	La internalización de valores y la participación de todos los miembros de una organización fomentan la práctica reflexiva como dimensión importante para el diseño de mecanismos de regulación y seguimiento de la <i>performance</i> del mercado en su conjunto.	El Comité de Expertos debería basar su gestión en obtener información de la mayor cantidad de <i>stakeholders</i> posible. El proceso decisorio tiene que gozar de legitimidad en todos los niveles organizacionales. Asimismo, garantizar las reglas morales y las buenas prácticas en el ejercicio de ese poder. El capítulo 1 ha mostrado como el juicio de expertos impacta en la práctica profesional.
Práctica deliberativa	La sustentabilidad de mercado, los principios precautorios y la democracia son el sustento de las prácticas responsables. En este sentido involucrar a	La práctica profesional debería cumplimentar a los indicadores que provienen de modelos matemáticos. El Comité de Expertos debería tener la posibilidad de

	<p>distintos agentes experimentados en la lectura de las fuentes de información es de vital importancia para llevar a cabo una gestión eficiente del riesgo de mercado.</p>	<p>mejorar los datos <i>input</i> del modelo de medición y control de la exposición a riesgo de mercado. Asimismo, debería tener la capacidad de involucrar a otros agentes para la decisión del umbral de riesgo extremo que está dispuesto a gestionar y el nivel de confianza del modelo. Como se mencionó en apartado 3.3. las técnicas Delphi son un método interesante para captar el juicio de expertos.</p>
--	---	---

Cuadro 3.4: Protocolo de modelo híbrido de gestión responsable del riesgo de mercado

Fuente: Elaboración propia

Con este protocolo basado en los desarrollos de la presente investigación doctoral, es posible diseñar políticas regulatorias y sanear las prácticas profesionales en entidades bancarias. El carácter performativo de las decisiones individuales en la evolución general del mercado bancario hace que el paradigma de responsabilidad cobre especial relevancia. Las situaciones críticas se desencadenan por fallas en la responsabilidad de las entidades bancarias y las regulatorias. Como se ha mencionado oportunamente, la regulación es modificada siempre *ex-post* de una crisis financiera, no pudiendo anticipar ni morigerar siquiera sus efectos.

Conclusión del capítulo

La principal conclusión a la que llega este capítulo es que los modelos tradicionales deben ser adaptados a la práctica diaria de las organizaciones bancarias. La hipótesis general del

mismo es que VaR no predice la máxima pérdida de una cartera ya que, como medida de riesgo, carece de sub-aditividad respecto de su coherencia (Artzner y Delbaen, 1997; Artzner *et al.*, 1999). Para una gestión eficiente de riesgos de mercado, a la luz de la regulación revisada exhaustivamente en el primer capítulo, es necesario adoptar medidas de riesgo que capten eventos extremos. Tanto EVT como ES son medidas importantes y necesarias cuando se presentan portafolios cuya distribución de probabilidades posee colas pesadas. El riesgo de cola afecta al capital económico y el VaR tradicional (delta-normal) subestima sistemáticamente al mismo.

Las hipótesis que se contrastaron son dos: la existencia de colas pesadas hace que la gestión utilizando VaR tradicional sea ineficiente, en activos muy expuestos a riesgos de mercado o en mercados chicos subestima la pérdida esperada; *ES* y *EVT* presentan coherencia como medidas de riesgo y son más eficiente que VaR en la predicción de riesgos extremos. Respecto de la primera, se ha demostrado con aportes metodológicos ejemplificados, que existe evidencia a favor de la hipótesis. Respecto de la segunda, se cumple parcialmente. Efectivamente, tanto *ES* como *EVT* solucionan el problema de la sub-aditividad de la medida de riesgo. Sin embargo, entre sí generan valores muy dispares y, por lo tanto, traen problemas para la gestión, control y mitigación de la exposición al riesgo de mercado.

En relación al alcance de la segunda hipótesis, la regulación actual, al no ser responsable, no da cuenta del alcance de los modelos de medición del riesgo de mercado. En particular, se ha mostrado que calcular el VaR histórico al 99% resulta ser el mismo nivel de pérdida estimada que el *ES* al 97,50%, para el mismo horizonte. La regulación que propone el Comité de Basilea no justifica la adecuación de capitales mínimos si el nivel de exposición es el mismo.

Por lo anterior, el principal aporte de este capítulo es la protocolización de un Comité de Expertos que lleve a cabo una gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. En este marco, se implementa de manera responsable –esto es anticipativa, reflexiva y deliberativa- una gestión híbrida que contempla la parte formal de los modelos estadísticos, pero basa su gestión en la subjetividad del conjunto de expertos para la determinación del umbral de la cola de distribución de pérdidas y ganancias y el nivel de confianza en la medición de la exposición al riesgo de mercado.

CONCLUSIÓN

La presente tesis doctoral tiene como aporte principal la protocolización de un Comité de Expertos con dimensiones asociadas a una práctica responsable -anticipativa, reflexiva y deliberativa- para llevar a cabo una gestión híbrida del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. La gestión contempla la parte formal de los modelos estadísticos, pero basa la toma de decisiones en la subjetividad de un conjunto de expertos para la determinación del umbral de la cola de distribución de pérdidas y ganancias, y el nivel de confianza en la medición de la exposición al mencionado riesgo. Para realizar dicho aporte, el objetivo general fue llevar a cabo un estudio crítico de la gestión del riesgo de mercado en organizaciones bancarias desde la práctica profesional hasta su regulación. Para que la regulación tenga características de gobernanza responsable, en los tres capítulos se abordaron conceptos relacionados con las dimensiones mencionadas. De esta manera, el primer capítulo analizó a la práctica profesional en bancos desde la dimensión anticipativa. En el segundo, se estudiaron críticamente las metodologías estocásticas para la medición del mencionado riesgo en la actualidad, haciendo hincapié en la dimensión reflexiva. Esto permite, junto con el análisis de la práctica profesional, avanzar hacia un modelo de gestión sustentado en mecanismos de gobernanza responsable que incluya la formalización de la opinión de expertos como herramienta de gestión. Por este motivo, el tercer capítulo contrastó la evidencia empírica a la luz de los conceptos teóricos y, en base a los aportes de los anteriores capítulos, elaboró una recomendación protocolizada para un modelo de gestión responsable del riesgo de mercado bancario y con opinión de expertos.

En el primer capítulo, se realizaron tres aportes de acuerdo al análisis de la regulación del sistema bancario, la taxonomía de los riesgos que propone Basilea y la práctica profesional en la gestión en organizaciones bancarias. En primer lugar, se analizó el marco teórico de la Ciencias de la Administración y las teorías de decisiones, y se mostraron las características que debe tener marco regulatorio en la toma de decisiones de gestión del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. De acuerdo a las dimensiones de las prácticas responsables, ha sido de importancia el aspecto anticipatorio de las normas regulatorias. En particular, el marco regulatorio analizado carece de responsabilidad en las dimensiones anticipativas, reflexivas y deliberativas (Muniesa y

Lenglet, 2013; Owen, Macnaghten y Stilgoe, 2012). Por este motivo, uno de los aportes fue la protocolización de la práctica regulatoria responsable en bancos.

En segundo lugar, en el camino hacia la gobernanza responsable, se ha analizado el caso de la regulación como innovación y, a partir de ello, la propuesta de un Comité de Nuevos Productos (Armstrong *et al.*, 2011). En particular, los bancos permanentemente desarrollan innovaciones financieras para ofrecer al mercado y deben cumplir con marcos regulatorios. Estas normativas -como se mencionó en el párrafo anterior- no son suficientes para asegurar que se están minimizando los riesgos medioambientales, sociales y económicos. Es decir, que se está llevando a cabo un proceso responsable y sustentable. Se argumentó, en base a lo dicho, que la propuesta europea de innovación financiera responsable es una buena práctica de gobernanza responsable en el contexto bancario.

En tercer lugar, para poder introducir el juicio de expertos y contrastarlo con la teoría de la decisión, se ha procedido a la realización de seis entrevistas a expertos -actores clave- del mercado bancario argentino y español. Se planteó un diseño metodológico basado en entrevistas profundas y no estructuradas. A partir de esta herramienta metodológica, el experto entrevistado podía desviar el foco de atención y esto constituyó un hecho relevante en la fase de recolección de información cualitativa. No obstante, se confeccionó un cuestionario para las entrevistas abiertas que contiene al menos tres partes importantes: percepción de la importancia de los modelos formales -cuantitativos-, capacidad anticipatoria de los modelos y carácter responsable -consenso-. La principal conclusión fue que resulta muy importante realizar propuestas para un modelo de gestión que contemple la importancia de los modelos matemáticos y la incidencia de la experiencia de los expertos al interior de las organizaciones bancarias.

El segundo capítulo ha realizado un aporte al analizar críticamente los cimientos teóricos de los modelos de medición del riesgo de mercado -como eventos de muy baja frecuencia y alto impacto-. Dicho aporte tiene dos implicancias en el contexto -incertidumbre- en que se sitúa la problemática. La primera resultó ser la importancia de la coherencia de las medidas de riesgo de mercado, que son un conjunto de axiomas deseables como características de la medida asignada a un espacio probabilístico determinado. En particular, el axioma de sub-aditividad que responde a la comparación entre la suma de riesgos individuales y el riesgo de la suma de activos. Esto conlleva -como se ha mencionado en el capítulo- que si los reguladores o el supervisor bancario usan medidas

de riesgo no sub-aditivo para establecer requisitos de capital, una firma financiera podría verse tentada a dividir sus unidades de negocio para reducir sus requerimientos de capital regulatorio. Esto sería así porque la suma de los requerimientos de capital de las unidades más pequeñas sería menor que el requerimiento de capital de la organización bancaria en su conjunto (Dowd, 2007). La medida de riesgo más simple y popular es el VaR normal pero la revisión crítica ha mostrado que el mismo no resulta coherente ya que viola el mencionado axioma. Por este motivo, se analizó en detalle el VaR coherente que plantea la Teoría de Valores Extremos y el VaR Condicional a partir de las estimaciones de pérdidas esperadas (*Expected Shortfall, ES*). Dado que el profesional que toma decisiones de gestión, control y mitigación de los impactos del riesgo de mercado en organizaciones bancarias lo hace a partir de información generada por estos modelos, la discusión y el análisis crítico son fundamentales. La falta de coherencia de la medida tradicional no es novedosa pero el planteo de la discusión en contexto de la gestión y práctica profesional resulta relevante y necesario para fundamentar las propuestas que se protocolizan en el siguiente capítulo de esta tesis.

La segunda implicancia estuvo relacionada con la comparación entre las medidas VaR y ES. En particular, cuando se analizaron los fundamentos teóricos de ambas medidas y la construcción de las funciones de pérdidas y ganancias, fue importante considerar dos cuestiones: el tamaño de la cola a izquierda (pérdidas esperadas) y los distintos niveles de confianza. En relación a la cola, se consideraron calibraciones de la mencionada función como una distribución de la familia de Pareto Generalizadas. Como se ha analizado en detalle, la existencia de colas más pesadas que las de una distribución normal es un problema para la gestión del riesgo de mercado. Por este motivo, las observaciones que se incluyan en la cola fueron contextualizadas como un hecho importante en el que incide la opinión de expertos y, por lo tanto, impacta en la gestión. Del mismo modo, se estudió en detalle el nivel de confianza que se utiliza en la estimación de los parámetros. El mismo define la probabilidad de ocurrencia de pérdidas -frecuencia de los eventos extremos-. La principal conclusión fue que la exposición al riesgo que predice el VaR normal estándar al 99% de confianza es prácticamente igual a la que predice ES al 97,50%. Este hecho fue especialmente estudiado ya que las recomendaciones internacionales, como Basilea, cambiaron su exigencia de medidas VaR por ES, con los mencionados niveles de confianza. Si el nivel de riesgo es idéntico, y esto no ocurre cuando se comparan otros dos niveles de confianza entre ambas medidas, entonces no

amerita una gestión más conservadora del riesgo de mercado con mayor capital inmovilizado, como sugieren las recomendaciones luego de la última crisis financiera.

El tercer capítulo desde una dimensión deliberativa realizó un conjunto de recomendaciones para un modelo híbrido de gestión de riesgo de mercado en bancos. Dichas recomendaciones recogieron varios aportes de los capítulos anteriores ya que contemplaron la dimensión anticipativa de la gobernanza de los riesgos en bancos y la práctica profesional como rectora de dicha regulación. Asimismo, tuvieron en cuenta la dimensión reflexiva en el análisis de los modelos estadísticos para la medición coherente y la generación de información relevante para la toma de decisiones. De esta manera, la principal conclusión a la que se llegó es que los modelos tradicionales deben ser adaptados a la práctica diaria de las organizaciones bancarias, utilizando la valoración subjetiva de expertos.

A partir de la contrastación empírica de las medidas de riesgo estudiadas en el capítulo anterior, el principal aporte del capítulo fue la protocolización de un Comité de Expertos que lleve a cabo una gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. En este contexto, se recomendaron los aspectos que deben tener tanto la gestión responsable del riesgo de mercado, como el mencionado Comité. En particular, se expusieron las recomendaciones respecto de las funciones y las prácticas responsables - anticipativas, reflexivas y deliberativas-. El modelo mostró la importancia de la formalización de las opiniones de expertos. La gestión basada en la subjetividad del conjunto de profesionales debe garantizar la responsabilidad en la toma de decisiones. En particular, cuando se determina el nivel de confianza y el umbral de la cola de la función de pérdidas y ganancias.

Para lograr cada uno de los mencionados aportes, la presente tesis doctoral abordó en cada capítulo un objetivo específico y delimitó la hipótesis a contrastar. Dado el proceso de investigación y el diseño metodológico para cada objetivo, esta contrastación en algunos casos se verificó y en otro solo se alcanzó parcialmente. De esta manera, es posible delimitar el alcance de los conceptos desarrollados y posibilitó la apertura de nuevas líneas de investigación. Asimismo, para aquellas hipótesis que no fueron totalmente contrastadas, puede continuarse el estudio o bien reformular el objetivo y la hipótesis asociada. Los alcances de la presente investigación fueron presentados en cada capítulo.

El primer capítulo ha tenido por objetivo específico el estudio crítico de la práctica profesional en instituciones bancarias. Para lograr los aportes mencionados -estudio empírico de cómo trabajan los expertos al interior de las organizaciones bancarias para gestionar riesgo de mercado, el análisis del marco regulatorio y la necesidad de incorporar al corpus teórico el paradigma de responsabilidad, como característica fundamental para la sanidad del sistema de organizaciones bancarias- se plantearon dos hipótesis: el esquema regulatorio actual carece de responsabilidad y el juicio de expertos direcciona la práctica profesional. Respecto de la primera hipótesis, se ha verificado. Es necesario aclarar que, si bien se ha realizado un análisis basado en literatura sobre regulación y gobernanza, no se ha realizado un estudio profundo y comparado. Pudo observarse que en países europeos el concepto de responsabilidad está presente en la regulación, aunque en menor medida de lo que sugiere la teoría. Situaciones críticas no pueden atribuirse a problemas ajenos a la regulación que no anticipa anomalías. Es decir, no resultó sencillo entender si las crisis son causas o consecuencias de un sistema regulado de forma poco responsable. En países emergentes -como Argentina- se mostró una indudable influencia de los lineamientos que establecen los organismos internacionales, como el Banco Internacional de Pagos. Sin embargo, dicha regulación no incorpora aspectos de la gobernanza responsable. Aunque es posible criticar a este análisis por ser poco exhaustivo, resultó satisfactorio para el aporte parcial de la tesis y en función del objetivo general de la investigación.

Respecto de la segunda hipótesis específica -asociada al primer capítulo-, vinculada a que la práctica profesional se ve direccionada por el juicio u opinión de expertos, ha sido verificada parcialmente. Las entrevistas se han realizado a un grupo de seis expertos: tres en España y tres en Argentina. Las dimensiones de las entrevistas fueron realizadas en tres partes, con siete preguntas-guía en total: percepción de la importancia de los modelos formales –cuantitativos-, capacidad anticipatoria de los modelos y carácter responsable – consenso-. En líneas generales, se le ha dado importancia al uso de modelos matemáticos para la generación de información y posterior toma de decisión para la gestión del riesgo de mercado. Sin embargo, no existe en la regulación actual un modelo de gestión que incorpore la parte técnica de los modelos estadísticos y la formalización de la opinión de expertos y su incidencia en la especificidad de los métodos cuantitativos utilizados. Evidentemente, para contrastar completamente esta hipótesis sería necesario llevar a cabo un estudio cualitativo y cuantitativo completo a partir de la consideración de un número

mayor de *stakeholders*, y agotar las categorías y conceptos con entrevistas abiertas e, incluso, encuestas cerradas para incluir en el modelo aspectos con y para la sociedad.

El segundo capítulo propuso otras dos hipótesis: el VaR tradicional en activos muy expuestos a riesgos de mercado es ineficiente en la predicción de pérdidas cuando existen colas pesadas; *ES* y *EVT* poseen coherencia como medidas de riesgo y son más eficientes que VaR en la predicción de riesgos extremos, aunque la regulación actual no da cuenta de su necesidad en la práctica diaria. Si bien los textos de Basilea III incorporan la necesidad de utilizar EVT al 97,5% de confianza, todavía no es usual en las regulaciones locales de los países miembros del Comité. Respecto de la primera hipótesis, la misma se verifica completamente: en parte teóricamente y luego -en el último capítulo- de manera empírica. En efecto, tanto a nivel teórico como pragmático, el VaR es una medida que carece de coherencia. En particular, la teoría muestra que falla en el axioma de subaditividad. Respecto de la segunda hipótesis, dado que el VaR tradicional puede subestimar sistemáticamente a la verdadera pérdida posible (de alta intensidad y baja frecuencia), las medidas como VaR EVT y CVaR captan mejor la exposición al riesgo de mercado y la necesidad de capital económico. La regulación parecería evolucionar en los últimos años hacia la implementación de modelos de VaR Condicional, al menos en los lineamientos de Basilea. Esta hipótesis se probó teóricamente con una distribución normal estándar a distintos niveles de confianza y se verificó este hecho. Sin embargo, la hipótesis fue parcialmente verificada.

El tercer capítulo completó el abordaje de ambas hipótesis del capítulo anterior. En primer lugar, se ha demostrado con aportes metodológicos ejemplificados que existe evidencia a favor de la hipótesis formulada. Es decir, la existencia de colas pesadas hace que la toma de decisiones -utilizando VaR tradicional- sea ineficiente en activos muy expuestos a riesgos de mercado o en mercados chicos subestima la pérdida esperada. Para realizar esta contrastación fueron utilizados datos reales y actuales de un banco mediano español, del precio internacional de la soja y de un portafolio construido por convolución estadística de dos activos de renta variable del mercado argentino. Se calibraron y estimaron de forma paramétrica y no paramétrica las exposiciones al riesgo de mercado. Primeramente, comparando el VaR normal contra el calculado por eventos extremos (EVT), el foco de la discusión versó sobre la determinación de la cola y el riesgo de cola, además de la discusión acerca de la coherencia de las medidas. Luego, comparando el VaR histórico contra el CVaR, para distintos niveles de confianza. Este segundo hecho

completa el objetivo de relacionar la teoría estadística con las dos cuestiones -cola y nivel de confianza- en las que puede incidir el juicio de expertos. De esta manera, la primera hipótesis quedó verificada. La importancia de las medidas coherentes fue mostrada por sus aspectos teóricos -segundo capítulo- y la evidencia empírica presentada en este capítulo.

Respecto de la segunda hipótesis, la regulación actual al no ser responsable, no da cuenta del alcance de los modelos de medición del riesgo de mercado más allá de establecer lineamientos para su estimación. En particular, se ha mostrado que calcular el VaR histórico al 99% resulta ser el mismo nivel de pérdida estimada que el *ES* al 97,50% (para el mismo horizonte). Además, empíricamente se demostró que la presencia de colas pesadas no altera esta realidad. La regulación que propone el Comité de Basilea no justifica la adecuación de capitales mínimos si el nivel de exposición es el mismo. Es decir, el cambio de medida del VaR al *ES* estimó el mismo nivel de riesgo tanto para distribuciones normales -de forma teórica, para la normal estándar- y se mantuvo para los ejemplos desarrollados, aún en presencia de colas pesadas. Como se anticipó, la hipótesis fue parcialmente verificada ya que, si bien en el capítulo anterior se abordó teóricamente y en este capítulo se utilizó una metodología ejemplificadora, resulta necesario poder mostrar matemáticamente que la exposición al riesgo es idéntica en VaR al 99% y *ES* al 97,50%, cualquiera sea la función de pérdidas y ganancias que se estime.

Con las hipótesis planteadas en la investigación y su contrastación en cada caso, fue posible articular varios de los mencionados aportes y exponer en la última sección del tercer capítulo un conjunto de recomendaciones y propuestas para un modelo híbrido de gestión responsable del riesgo de mercado en organizaciones bancarias. El aporte principal de la tesis, como se ha mencionado, es la protocolización de un Comité de Expertos. En este marco, se implementa de manera responsable -anticipativa, reflexiva y deliberativa- una gestión híbrida que contempla la parte formal de los modelos estadísticos pero basa su gestión en la subjetividad del conjunto de expertos para la determinación del umbral de la cola de distribución de pérdidas y ganancias, y el nivel de confianza en la medición de la exposición al riesgo de mercado. La formalización de la opinión de expertos estuvo presentada por dos vías teóricas. Por un lado, se utilizó la lógica borrosa para obtener, procesar y utilizar la información cualitativa vaga e imprecisa, característica de la opinión subjetiva de un agente -aunque sea un experto-. Por el otro, mediante las técnicas y estudios Delphi, se mostró la importancia de la

interacción de los expertos y la construcción (o no) de un consenso sostenido y legítimo de pares. Esto último también presentó un alcance limitado en relación al objetivo general de la investigación ya que, como es lógico, a partir de estas consideraciones fue posible estudiar en detalle la importancia de la deliberación -como práctica responsable- a niveles intra-organizacionales como también con y para la sociedad.

Por lo anterior, esta tesis deja abierto el camino para nuevas líneas de investigación futura. Es posible pensar en varias alternativas que continúan o complejizan al objetivo general y los específicos planteados. En primer lugar, tal como se ha recogido la investigación sobre innovación financiera responsable y su protocolo para el Comité de Nuevos Productos, es posible pensar en mecanismos de gobernanza responsable que se estructuren desde la autoridad regulatoria. La regulación actual no es anticipatoria de eventos críticos y, en líneas generales, no modifica los requerimientos de información hasta tanto no se producen anomalías que obligan a realizar cambios. Un estudio a futuro que resulta relevante es entender al sistema financiero en su conjunto y analizar críticamente el entramado organizacional y la estructura de mercado para poder proponer un marco regulatorio completamente distinto al actual. Posiblemente, la razón del cambio es la necesidad de prácticas regulatorias responsables.

En segundo lugar, la tesis ha dejado presentada una línea de investigación en lo que respecta a la formalización del juicio de expertos. Es decir, la metodología asociada al estudio cualitativo basado en entrevistas, encuestas y otras herramientas para obtener información subjetiva que proviene de la opinión de agentes en un contexto determinado. Esta línea de investigación está muy estudiada en fenómenos sociológicos y antropológicos, pero no es habitual en estudios relacionados a las Ciencias Económicas. Si bien la presente investigación ha realizado un recorrido crítico sobre el marco teórico tanto de la formalización individual como la de un conjunto de expertos, resulta necesario poner a prueba estos estudios en más casos donde aplicar las técnicas desarrolladas. Entonces, esto implica dos senderos de investigaciones futuras: por un lado, la transferencia de los protocolos para la formalización de la información proveniente de la opinión de expertos a empresas y el Estado; por el otro, la posibilidad de mejorar la teoría y técnicas a partir de las experiencias empíricas para poder realizar un trabajo de campo para la sociedad o el Estado.

En tercer lugar, el conjunto de recomendaciones asociadas con el Comité de Expertos resulta interesante como transferencia para el sector bancario. Será posible probar la

incidencia de las prácticas profesionales y la toma de decisiones respecto de la exposición al riesgo de mercado en bancos desde dos perspectivas: una vinculada a la realización de prácticas anticipativas, reflexivas y deliberativas como dimensiones de responsabilidad; otra relacionada a la mejora de las herramientas de gestión y los modelos formales con la incorporación de la opinión del conjunto de expertos y de los actores sociales relevantes, como son las empresas y los clientes. Para ello, será necesario capacitar a los referentes del sector bancario para poder transferir estas prácticas.

En cuarto lugar, respecto de la transferencia a la comunidad académica, los aportes de la presente tesis constituyen un conjunto de disparadores que pueden ser de interés para incorporar a los contenidos de las materias de grado en Ciencias Económicas, en el marco de discutir tanto sea la formalización de la opinión de expertos como las prácticas responsables intra e inter-organizacionales. Del mismo modo, pueden articularse estos conceptos -desde el plano teórico y la discusión sobre modelos empíricos- para módulos de posgrado. En particular, estos conceptos están muy relacionados con la Maestría en Gestión Económica y Financiera de Riesgos (FCE-UBA) en su orientación en ingeniería financiera. Por último, como posible propuesta de seminario doctoral, en el área de Problemas.

REFERENCIAS

- Acerbi, C. y Tasche, D. (2002), 'On the coherence of expected shortfall', *Journal of banking & finance*, vol. 26, no. 7, pp. 1487-503.
- Adams, C. A. (2008), 'A commentary on: corporate social responsibility reporting and reputation risk management', *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 365-70.
- Aghion, P. y Griffith, R. (2005), *Competition and growth*, The MIT Press, USA.
- Ahmad, F. (2008), 'Market models for inflation', Doctoral Thesis, Doctoral dissertation, University of Oxford.
- Armstrong, M., Cornut, G., Delacôte, S., Lenglet, M., Millo, Y., Muniesa, F., Pointier, A. y Tadjeddine, Y. (2011), 'Towards a practical approach to responsible innovation in finance: New Product Committees revisited', *Working Group on Responsible Innovation in Finance - Observatory for Responsible Innovation - Mines ParisTech*.
- Artzner, P. y Delbaen, F. (1997), 'Thinking Coherently', *Risk*, vol. 11.
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. y Heath, D. (1999), 'Coherent measures of risk', *Mathematical Finance*, vol. 9, no. 3, pp. 203-28.
- Asante, K., Owen, R. y Williamson, G. (2014), 'Governance of new product development and perceptions of responsible innovation in the financial sector: insights from an ethnographic case study', *Journal of Responsible Innovation*, vol. 1, no. 1, pp. 9-30.
- Awrey, D. (2013), 'Toward a supply-side theory of financial innovation', *Journal of Comparative Economics*, vol. 41, no. 2, pp. 401-19.
- Banco Central de la República Argentina (2011), *Com. "A" 5203*, Buenos Aires, Argentina, 23 de mayo de 2011.
- (2013), *Com. "A" 5398*, Buenos Aires, Argentina, 13 de febrero de 2013.
- (2017), *Lineamientos para la Gestión del Riesgo en Entidades financieras*, Buenos Aires, Argentina, marzo de 2017, <<http://www.bcra.gov.ar/Pdfs/Texord/t-lingeef.pdf>>.
- Barrell, R., Davis, E. P., Karim, D. y Liadze, I. (2010a), 'Bank regulation, property prices and early warning systems for banking crises in OECD countries', *Journal of banking & finance*, vol. 34, no. 9, pp. 2255-64.

- (2010b), 'Calibrating macroprudential policy', *NIESR, September*, vol. 10.
- Basak, S. y Shapiro, A. (2001), 'Value-at-risk-based risk management: optimal policies and asset prices', *Review of Financial studies*, vol. 14, no. 2, pp. 371-405.
- Baxter, M. y Rennie, A. (1996), *Financial Calculus An introduction to derivative pricing*, Cambridge university press.
- Bebbington, J., Larrinaga, C. y Moneva, J. M. (2008), 'Corporate social reporting and reputation risk management', *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 337-61.
- Beck, U. (1995), *Ecological politics in an age of risk*, Polity Press, Cambridge, UK.
- (1998), *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*, Paidós ibérica.
- Bedford, T. y Cooke, R. (2001), *Probabilistic risk analysis: foundations and methods*, Cambridge University Press.
- Bensalah, Y. (2000), *Steps in applying extreme value theory to finance: A review*, Bank of Canada.
- Berger, A. N., Herring, R. J. y Szegö, G. P. (1995), 'The role of capital in financial institutions', *Journal of banking & finance*, vol. 19, no. 3, pp. 393-430.
- Bessis, J. (2011), *Risk management in banking*, John Wiley & Sons.
- Black, F. y Scholes, M. (1973), 'The pricing of options and corporate liabilities', *The journal of political economy*, pp. 637-54.
- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P. y Evans, S. (2014), 'A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes', *Journal of cleaner production*, vol. 65, pp. 42-56.
- Bodie, Z., Kane, A. y Marcus, A. J. (2011), *Investment and portfolio management*, McGraw-Hill Irwin.
- Bonatti, P., Weissmann, E. y Israel, L. (2011), *Teoría de la Decisión*, Prentice Hall – Pearson Education de Argentina, Buenos Aires.
- Brammertz, W., Akkizidis, I., Breymann, W., Entin, R. y Rüstmann, M. (2009), *Unified Financial Analysis: the missing links of finance*, John Wiley & Sons, West Sussex, UK.

- Brockhoff, K. (1975), 'The performance of forecasting groups in computer dialogue and face-to-face discussion', *The Delphi method: Techniques and applications*, pp. 291-321.
- Brunnermeier, M. K., Crockett, A., Goodhart, C. A. E., Persaud, A. y Shin, H. S. (2009), *The fundamental principles of financial regulation*, vol. 11, Centre for Economic Policy Research London.
- Burden, R. L., Faires, J. D. y Burden, A. M. (2016), *Numerical Analysis*, Cengage Learning, Boston, EEUU.
- Burri, R. V. y Bellucci, S. (2008), 'Public perception of nanotechnology', *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 10, no. 3, pp. 387-91.
- Cantrill, J. A., Sibbald, B. y Buetow, S. (1996), 'The Delphi and nominal group techniques in health services research', *International Journal of Pharmacy Practice*, vol. 4, no. 2, pp. 67-74.
- Caruana, J. (2008), 'Regulación e innovación en la reciente crisis financiera', *Estabilidad Financiera*, vol. 14, pp. 11-21.
- (2010), 'La importancia de Basilea III para los mercados financieros de América Latina y el Caribe', *Reunión sobre El marco emergente para reforzar la estabilidad financiera y las prioridades regulatorias en las Américas, Guatemala, noviembre*.
- Casparri, M. T., García-Fronti, J. y Masci, M. E. (2015), 'Responsible financial innovation in banks: Committees of new products', *Visión de Futuro*, vol. 19, no. 2, pp. 171-92.
- Casualty Actuarial Society (2003), 'Overview of enterprise risk management', *Fairfax, VA: Enterprise Risk Management Committee*, pp. 100-64.
- Cochran, P. L. y Wood, R. A. (1984), 'Corporate social responsibility and financial performance', *Academy of management Journal*, vol. 27, no. 1, pp. 42-56.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2006), 'Convergencia internacional de medidas y normas de capital. Marco revisado. Visión integral', *Banco de Pagos Internacionales. Suiza*.
- (2010a), 'Basilea III: Marco internacional para la medición, normalización y seguimiento del riesgo de liquidez', *Banco de Pagos Internacionales. Suiza*.
- (2010b), 'Basilea III: Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios', *Banco de Pagos Internacionales. Suiza*.

- (2012), 'Documento de Consulta Mayo 2012. Revisión fundamental de la cartera de negociación', *Banco de Pagos Internacionales. Suiza*.
- (2013), 'Documento de Consulta Octubre 2013. Revisión fundamental de la cartera de negociación: marco revisado para el riesgo de mercado', *Banco de Pagos Internacionales. Suiza*.
- Copeland, T. E. y Weston, J. F. (1992), *Financial theory and corporate policy*, 3rd edn, Addison-Weasley Publishing Company, Estados Unidos.
- Copeland, T. E., Weston, J. F., Shastri, K. y Education, P. (2005), 'Financial theory and corporate policy'.
- Critcher, C. y Gladstone, B. (1998), 'Utilizing the Delphi technique in policy discussion: a case study of a privatized utility in Britain', *Public administration*, vol. 76, no. 3, pp. 431-49.
- Crouhy, M., Galai, D. y Mark, R. (2006), *The essentials of risk management*, vol. 1, McGraw-Hill New York.
- Chen, S. X. (2008), 'Nonparametric estimation of expected shortfall', *Journal of financial econometrics*, vol. 6, no. 1, pp. 87-107.
- Christoffersen, P. F. (2012), *Elements of financial risk management*, Academic Press Oxford (UK).
- Damodaran, A. (2015), *Applied corporate finance*, 4th edn, John Wiley & Sons, United States of America
- Dana, R. A. y Riedel, F. (2013), 'Intertemporal equilibria with Knightian uncertainty', *Journal of Economic Theory*, vol. 148, no. 4, pp. 1582-605.
- De Jong, J. P. J. y Vermeulen, P. A. M. (2003), 'Organizing successful new service development: a literature review', *Management decision*, vol. 41, no. 9, pp. 844-58.
- De Medeiros, J. F., Ribeiro, J. L. D. y Cortimiglia, M. N. (2014), 'Success factors for environmentally sustainable product innovation: a systematic literature review', *Journal of cleaner production*, vol. 65, pp. 76-86.
- de Meyrick, J. (2003), 'The Delphi method and health research', *Health education*, vol. 103, no. 1, pp. 7-16.
- De Souza, P. (2010), *Innovation in industrial research*, CSIRO, Collinwood, Australia.

- Debreu, G. (1959), 'Topological methods in cardinal utility theory', *Mathematical methods in the social sciences*, pp. 16-26.
- Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H. y Gustafson, D. H. (1975), *Group techniques for program planning: A guide to nominal group and Delphi processes*, Scott, Foresman Glenview, IL.
- Donaldson, T. y Preston, L. E. (1995), 'The stakeholder theory of the corporation: Concepts, evidence, and implications', *Academy of management Review*, vol. 20, no. 1, pp. 65-91.
- Dowd, K. (2007), *Measuring market risk*, John Wiley & Sons.
- Drehmann, M. (2009), 'Macroeconomic stress testing banks: A survey of methodologies', *Stress testing the banking system: Methodologies and applications*, pp. 37-67.
- Duffie, D. y Pan, J. (1997), 'An overview of value at risk', *The Journal of derivatives*, vol. 4, no. 3, pp. 7-49.
- EFE economía (2013), *La acción de Bankinter pasa de 3,8 a 2,6 euros tras la ampliación de capital*, www.elpais.com, viewed 28/11 2016, <http://economia.elpais.com/economia/2013/04/04/agencias/1365060135_139311.html>.
- Eichengreen, B. (2003), 'Governing global financial markets: international responses to the hedge-fund problem', *Governance in a Global Economy: Political Authority in Transition*, pp. 168-98.
- Embrechts, P., Bassi, F. y Kafetzaki, M. (1995), 'A survival kit to quantile estimation', in *UBS Quant Workshop, Zurich*.
- Embrechts, P., Frey, R. y McNeil, A. (2005), 'Quantitative risk management', *Princeton Series in Finance, Princeton*, vol. 10.
- Embrechts, P., Höing, A. y Juri, A. (2003), 'Using copulae to bound the value-at-risk for functions of dependent risks', *Finance and Stochastics*, vol. 7, no. 2, pp. 145-67.
- Embrechts, P., Klüppelberg, C. y Mikosch, T. (2013), *Modelling extremal events: for insurance and finance*, vol. 33, Springer Science & Business Media.
- Embrechts, P., McNeil, A. y Straumann, D. (2002), 'Correlation and dependence in risk management: properties and pitfalls', *Risk management: value at risk and beyond*, pp. 176-223.
- Embrechts, P., Puccetti, G., Rüschendorf, L., Wang, R. y Beleraj, A. (2014), 'An academic response to Basel 3.5', *Risks*, vol. 2, no. 1, pp. 25-48.

- Embrechts, P., Resnick, S. I. y Samorodnitsky, G. (1999), 'Extreme value theory as a risk management tool', *North American Actuarial Journal*, vol. 3, no. 2, pp. 30-41.
- Engelen, E., Erturk, I., Froud, J., Leaver, A. y Williams, K. (2010), 'Reconceptualizing financial innovation: frame, conjuncture and bricolage', *Economy and Society*, vol. 39, no. 1, pp. 33-63.
- Engle, R. F. y Manganelli, S. (2004), 'CAViaR: Conditional autoregressive value at risk by regression quantiles', *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 22, no. 4, pp. 367-81.
- Etkin, J. (2011), *Gestión de la complejidad en las organizaciones: la estrategia frente a lo imprevisto y lo impensado*, 3era reimp. edn, Ediciones Granica SA, Buenos Aires.
- European Banking Authority (2017), viewed marzo 2017, <<http://www.eba.europa.eu/risk-analysis-and-data/eu-wide-stress-testing>>.
- Fusco, M. Á. 2012, 'Riesgo Agropecuario: Gestión y percepción del productor e incentivos gubernamentales a través de políticas públicas', Doctoral thesis, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires (UBA).
- Gallart, M. A. (1993), 'La integración de métodos y la metodología cualitativa. Una reflexión desde la práctica de la investigación', *Métodos cualitativos II. La práctica de la investigación*, pp. 198-305.
- García-Fronti, J. y Castro-Spila, J. (2013), 'Gobernanza, riesgo y sistema financiero: el escándalo de la LIBOR', *Isegoría*, no. 48, pp. 197-212.
- García-Fronti, J. I. y Fusco, M. Á. (2010), 'Reflexiones sobre la gobernanza financiera global: Innovación de pocos y mal de muchos', *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, no. 2, pp. 13-26.
- García, P. S. y Pérez, R. H. (2001), 'Doctrina de la borrosidad y programas de investigación científica', *Cuadernos del CIMBAGE*, no. 4, pp. 29-39.
- Gibbons, R. (1993), *Un primer curso de teoría de juegos*, Antoni Bosch Editor.
- Gibson, L. J. y Miller, M. M. (1990), 'A Delphi Model for Planning'Preemptive'Regional Economic D', *Economic Development Review*, vol. 8, no. 2, p. 34.
- Gilboa, I. y Schmeidler, D. (2001), *A theory of case-based decisions*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gimbert, X. (2003), *El enfoque estratégico de la empresa: principios y esquemas básicos*, Deusto, Barcelona.

- Glasserman, P., Heidelberger, P. y Shahabuddin, P. (2002), 'Portfolio Value-at-Risk with Heavy-Tailed Risk Factors', *Mathematical Finance*, vol. 12, no. 3, pp. 239-69.
- Goodhart, C. A. E. (1998), *Financial Regulation: Why, how, and where now?*, Psychology Press.
- Goodland, R. y Daly, H. (1996), 'Environmental sustainability: universal and non-negotiable', *Ecological applications*, vol. 6, no. 4, pp. 1002-17.
- Gourieroux, C. y Jasiak, J. (2011), *The econometrics of individual risk: credit, insurance, and marketing*, Princeton university press.
- Greenlaw, D., Kashyap, A. K., Schoenholtz, K. L. y Shin, H. S. (2011), 'Stressed out: Macroprudential principles for stress testing', *Chicago Booth: The initiative on Global Markets*, no. 71 Working paper.
- Grote, G. (2009), *Management of uncertainty: theory and application in the design of systems and organizations*, Springer Science & Business Media, London.
- Guber, R. (2004), *El salvaje metropolitano: reconstrucción del conocimiento social en el trabajo de campo*, Paidós Buenos Aires.
- Gupta, U. G. y Clarke, R. E. (1996), 'Theory and applications of the Delphi technique: A bibliography (1975-1994)', *Technological forecasting and social change*, vol. 53, no. 2, pp. 185-211.
- Gutierrez, O. (1989), 'Experimental techniques for information requirements analysis', *Information & management*, vol. 16, no. 1, pp. 31-43.
- Halpern, J. Y. (2003), *Reasoning about uncertainty*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hamilton, J. D. (1994), *Time series analysis*, vol. 2, Princeton university press Princeton.
- Han, M. (2015), *Central Bank Regulation and the Financial Crisis: A Comparative Analysis*, Springer.
- Hernández Sampieri, R. (2003), 'El proceso de investigación y los enfoques cuantitativo y cualitativo: hacia un modelo integral', en *Metodología de la Investigación social*, Mc Graw Hill, Mexico.
- Horan, P. 2010, 'Developing an effectiveness evaluation framework for destination management systems', Doctoral thesis, Queen Margaret University.
- Hull, J. y White, A. (1990), 'Pricing interest-rate-derivative securities', *Review of Financial studies*, vol. 3, no. 4, pp. 573-92.

- Hull, J. C. (2009), *Options, futures, and other derivatives*, vol. 7ma Edición, Prentice Hall.
- Hwang, S. y Satchell, S. (2001), 'Tracking error: Ex-ante versus ex-post measures', *Journal of Asset Management*, vol. 2, no. 3, pp. 241-6.
- Ingersoll, J. E. (1987), *Theory of financial decision making*, vol. 3, Rowman & Littlefield.
- Jillson, I. A. (1975), 'Developing guidelines for the Delphi method', *Technological forecasting and social change*, vol. 7, no. 2, pp. 221-2.
- Jones, D. (2000), 'Emerging problems with the Basel Capital Accord: Regulatory capital arbitrage and related issues', *Journal of banking & finance*, vol. 24, no. 1, pp. 35-58.
- Jorion, P. (1997), *Value at risk: the new benchmark for controlling market risk*, Irwin Professional Pub.
- (2011), *Financial risk manager handbook plus test bank FRM part I / part II*, John Wiley & Sons.
- Jouini, M. N. y Clemen, R. T. (1996), 'Copula models for aggregating expert opinions', *Operations Research*, vol. 44, no. 3, pp. 444-57.
- Kadane, J. B. (2011), *Principles of uncertainty*, Chapman & Hall, Boca Ratón, Florida.
- Keeney, S., McKenna, H. y Hasson, F. (2011), *The Delphi technique in nursing and health research*, John Wiley & Sons, Oxford, United Kingdom
- Knight, F. H. (1921), *Risk, uncertainty and profit*, Reprints of Economic Classics, 1964, Sentry Press, New York.
- Koenker, R. (2005), *Quantile regression*, Cambridge university press.
- Krieger, M. (2001), *Sociología de las Organizaciones - una introducción al comportamiento organizacional*, Primera Edición edn, Pearson Education, Buenos Aires, Argentina.
- Lambrigger, D. D., Shevchenko, P. V. y Wuthrich, M. V. (2007), 'The quantification of operational risk using internal data, relevant external data and expert opinion', *The Journal of Operational Risk*, vol. 2, no. 3, pp. 3-27.
- Landeta, J. (2006), 'Current validity of the Delphi method in social sciences', *Technological forecasting and social change*, vol. 73, no. 5, pp. 467-82.

- Lang, T. (1995), 'An overview of four futures methodologies', *Manoa Journal of Fried and Half-Fried Ideas. Delphi, Environmental Scanning, Issues Management and Emerging Issue Analysis*.
- Lazzari, L. L., Camprubi, G., Moulia, P. y Eriz, M. (2006), 'Análisis de factores vinculados con la supervivencia y desarrollo de pequeñas y medianas empresas: un enfoque lingüístico', *Cuadernos del CIMBAGE*, no. 9, pp. 103-21.
- Lazzari, L. L., Machado, E. A. y Pérez, R. H. (1999), 'Los conjuntos borrosos: una introducción', *Cuadernos del CIMBAGE*, no. 2, pp. 1-25.
- Lazzari, L. L. y Mouliá, P. I. (2015), 'Emprego de números Z en decisión multicriterio. Caso de aplicación en selección de ofertas', *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, vol. 23, no. 37.
- Ledford, A. W. y Tawn, J. A. (1996), 'Statistics for near independence in multivariate extreme values', *Biometrika*, vol. 83, no. 1, pp. 169-87.
- Levillain, K., Segrestin, B. y Hatchuel, A. (2014), 'Can venture capital foster innovation? A study of the coupling between innovation and finance', in *International Product Development Management Conference*.
- Lin, X. S. (2006), *Introductory stochastic analysis for finance and insurance*, vol. 557, John Wiley & Sons.
- Linstone, H. A. y Turoff, M. (1975), *The Delphi method: Techniques and applications*, vol. 29, Addison-Wesley Reading, MA.
- (2002), *The Delphi method: Techniques and applications*, University of Southern California.
- Loeffler, G. y Posch, P. N. (2007), *Credit risk modeling using Excel and VBA*, John Wiley & Sons.
- Longin, F. M. (2000), 'From value at risk to stress testing: The extreme value approach', *Journal of banking & finance*, vol. 24, no. 7, pp. 1097-130.
- Loo, R. (2002), 'The Delphi method: a powerful tool for strategic management', *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, vol. 25, no. 4, pp. 762-9.
- Lummus, R. R., Vokurka, R. J. y Duclos, L. K. (2005), 'Delphi study on supply chain flexibility', *International journal of production research*, vol. 43, no. 13, pp. 2687-708.

- MacKenzie, D. A., Muniesa, F. y Siu, L. (2007), *Do economists make markets?: on the performativity of economics*, Princeton University Press.
- Marzetti Dall'Aste Brandolini, S. y Scazzieri, R. (2011), 'Introduction: Fundamental uncertainty: rationality and plausible reasoning', en *Fundamental uncertainty: rationality and plausible reasoning*, Palgrave Macmillan, London, pp. 1-22.
- Matsuda Yamada, F. y García-Fronti, J. (2014), 'Impacto de Eventos Extremos en la Gestión de Portafolios', *Revista de investigación en Modelos Financieros*, vol. 1.
- McGuire, J. B., Sundgren, A. y Schneeweis, T. (1988), 'Corporate social responsibility and firm financial performance', *Academy of management Journal*, vol. 31, no. 4, pp. 854-72.
- Medina Hurtado, S. y Paniagua Gomez, G. (2008), 'Fuzzy inference systems to creditworthiness analysis', *DYNA*, vol. 75, no. 154, pp. 215-29.
- Meo, A. y Navarro, A. (2009), *La voz de los otros. El uso de la entrevista en la investigación social*, Omicron, Buenos Aires, Argentina.
- Merton, R. C. (1995), 'Financial innovation and the management and regulation of financial institutions', *Journal of banking & finance*, vol. 19, no. 3, pp. 461-81.
- Montiel, I. y Delgado-Ceballos, J. (2014), 'Defining and measuring corporate sustainability are we there yet?' *Organization & Environment*, vol. 27, no. 2, pp. 113-39.
- Morgan, J. P. (1996), *Riskmetrics: technical document*, Morgan Guaranty Trust Company of New York.
- Morris, P. A. (1974), 'Decision analysis expert use', *Management Science*, vol. 20, no. 9, pp. 1233-41.
- (1977), 'Combining expert judgments: A Bayesian approach', *Management Science*, vol. 23, no. 7, pp. 679-93.
- Mullen, P. M. (2003), 'Delphi: myths and reality', *Journal of health organization and management*, vol. 17, no. 1, pp. 37-52.
- Muniesa, F. y Lenglet, M. (2013), 'Responsible innovation in finance: directions and implications', *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*, pp. 185-98.
- Myerson, R. B. (2013), *Game theory: Analysis of conflict*, Harvard university press, Cambridge, Massachusetts, EEUU.

- Navarro, A., Alcaraz, F. J. y Ortiz, D. (2010), 'La divulgación de información sobre responsabilidad corporativa en administraciones públicas: Un estudio empírico en gobiernos locales', *Revista de contabilidad*, vol. 13, no. 2, pp. 285-314.
- OECD (2002), 'Frascati manual 2002: the measurement of scientific and technological activities: proposed standard practice for surveys on research and experimental development', *Organisation for Economic Cooperation and Development*.
- Ohlson, J. A. (1980), 'Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy', *Journal of accounting research*, pp. 109-31.
- Okoli, C. y Pawlowski, S. D. (2004), 'The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications', *Information & management*, vol. 42, no. 1, pp. 15-29.
- Ouchi, F. (2004), 'A Literature Review on the Use of Expert Opinion in Probabilistic Risk Analysis', *World Bank Working Paper*, no. WPS 3201.
- Owen, R., Macnaghten, P. y Stilgoe, J. (2012), 'Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society', *Science and Public Policy*, vol. 39, no. 6, pp. 751-60.
- Paté-Cornell, M. E. (1996), 'Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment', *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 54, no. 2, pp. 95-111.
- Pflug, G. C. (2000), 'Some remarks on the value-at-risk and the conditional value-at-risk', en S Uryasev (ed.), *Probabilistic constrained optimization: Methodology and Applications*, Springer, pp. 272-81.
- Piaget, J. (1982), 'Introducción: La situación de las Ciencias del Hombre dentro del sistema de las Ciencias', en J Piaget, PF Lazarsfeld y WJM Mackenzie (eds), *Tendencias de la investigación en las Ciencias Sociales.* , Alianza, Madrid, España, pp. 44-120.
- Rayner, J. (2001), *Risky Business: Towards Best Practice in Managing Reputation Risk*, Institute of Business Ethics, London.
- Rebonato, R. (2002), *Modern pricing of interest-rate derivatives: The LIBOR market model and beyond*, Princeton University Press.
- Rockafellar, R. T. y Uryasev, S. (2000), 'Optimization of conditional value-at-risk', *Journal of risk*, vol. 2, pp. 21-42.
- (2002), 'Conditional value-at-risk for general loss distributions', *Journal of banking & finance*, vol. 26, no. 7, pp. 1443-71.

- Rowe, G. y Frewer, L. J. (2000), 'Public participation methods: A framework for evaluation', *Science, technology & human values*, vol. 25, no. 1, pp. 3-29.
- Rowley, T. J. (1997), 'Moving beyond dyadic ties: A network theory of stakeholder influences', *Academy of management Review*, vol. 22, no. 4, pp. 887-910.
- Rozenwurcel, G., Bleger, L. y Kappel, D. (1997), 'El sistema bancario argentino en los noventa: de la profundización financiera a la crisis sistémica', *Desarrollo económico*, pp. 163-93.
- Ruiz Hidalgo, E. (2013), *Las acciones de Bankinter cotizarán hoy a 2,5 euros por la ampliación*, www.invertia.com, viewed 28/11 2016, <<http://www.invertia.com/noticias/acciones-bankinter-cotizaran-ampliacion-2837614.htm>>.
- Sánchez, V. L. y García, J. A. D. (2001), *Distribuciones elípticas multivariadas singulares y no singulares: teoría y aplicaciones*, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Saunders, A., Cornett, M. M. y McGraw, P. A. (2006), *Financial institutions management: A risk management approach*, vol. 8, McGraw-Hill/Irwin.
- Saunders, M. N. K. (2011), *Research methods for business students*, 5ta edn, Pearson Education, India.
- Scaillet, O. (2004), 'Nonparametric estimation and sensitivity analysis of expected shortfall', *Mathematical Finance*, vol. 14, no. 1, pp. 115-29.
- Schuermann, T. (2013), 'Stress testing banks', *International Journal of Forecasting*, vol. 30, no. 3, pp. 717-28.
- Shang, K. y Hossen, Z. (2013), 'Applying fuzzy logic to risk assessment and decision-making', *Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries*, vol. Joint Risk Management Section.
- Shin, H. S. (2009), 'Reflections on Northern Rock: the bank run that heralded the global financial crisis', *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, no. 1, pp. 101-19.
- Slater, S. F., Mohr, J. J. y Sengupta, S. (2014), 'Radical product innovation capability: Literature review, synthesis, and illustrative research propositions', *Journal of Product Innovation Management*, vol. 31, no. 3, pp. 552-66.
- Speranza, M. y Garcia-Fronti, J. I. (2013), 'Nota introductoria al cálculo del capital económico a riesgo en organizaciones con dos unidades de negocio', *MPRA Paper*, no. 44318.

- Story, V., Hurdley, L., Smith, G. y Saker, J. (2000), 'Methodological and practical implications of the Delphi technique in marketing decision-making: a re-assessment', *The Marketing Review*, vol. 1, no. 4, pp. 487-504.
- Subramanian, N. (2005), 'The economics of intrapreneurial innovation', *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 58, no. 4, pp. 487-510.
- Tabak, J. (2011), *Probability and Statistics: the science of uncertainty*, 2nd edn, Facts on File, New York.
- Taleb, N. N., Goldstein, D. G. y Spitznagel, M. W. (2009), 'The six mistakes executives make in risk management', *Harvard Business Review*, vol. 87, no. 10, pp. 78-81.
- Thomas, C. Y. (1996), 'Capital markets, financial markets and social capital (an essay on economic theory and economic ideas)', *Social and Economic Studies*, pp. 1-23.
- Trustees of the British Museum (2017), *The British Museum Great Court Limited*, viewed Enero 2017, <<http://www.britishmuseum.org/>>.
- Underhill, G. R. D. y Zhang, X. (2008), 'Setting the rules: private power, political underpinnings, and legitimacy in global monetary and financial governance', *International Affairs*, vol. 84, no. 3, pp. 535-54.
- Unerman, J. (2008), 'Strategic reputation risk management and corporate social responsibility reporting', *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 362-4.
- Urbano, D., Toledano, N. y Ribeiro-Soriano, D. (2011), 'Prácticas de gestión de recursos humanos y desarrollo de nuevos proyectos innovadores: Un estudio de casos en las PYMEs', *Universia Business Review*, no. 29, p. 116.
- Varian, H. R., Rabasco, E. y Toharia, L. (2001), *Microeconomía intermedia: un enfoque actual*, Antoni Bosch.
- Wendt, K. (2015), *Responsible Investment Banking: Risk Management Frameworks, Sustainable Financial Innovation and Softlaw Standards*, CSR, Sustainability, Ethics & Governance, Springer, Switzerland.
- White, H., Kim, T.-H. y Manganelli, S. (2010), 'VAR for VaR: measuring systemic risk using multivariate regression quantiles', *Munich Personal RePEc Archive*, no. 35372.
- Wonglimpiyarat, J. (2011), 'The dynamics of financial innovation system', *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 22, no. 1, pp. 36-46.

- Yamai, Y. y Yoshiba, T. (2002a), 'Comparative analyses of expected shortfall and value-at-risk: their estimation error, decomposition, and optimization', *Monetary and economic studies*, vol. 20, no. 1, pp. 87-121.
- (2002b), 'Comparative Analyses of Expected Shortfall and VaR (2): Expected utility maximization and tail risk', *Institute for Monetary and Economic Studies*, pp. 96-116.
- (2002c), 'On the validity of value-at-risk: comparative analyses with expected shortfall', *Monetary and economic studies*, vol. 20, no. 1, pp. 57-85.
- (2005), 'Value-at-risk versus expected shortfall: A practical perspective', *Journal of banking & finance*, vol. 29, no. 4, pp. 997-1015.
- Zadeh, L. A. (1965), 'Fuzzy sets', *Information and control*, vol. 8, no. 3, pp. 338-53.
- (2006), 'Generalized theory of uncertainty (GTU) - principal concepts and ideas', *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 51, no. 1, pp. 15-46.
- (2011), 'A note on Z-numbers', *Information Sciences*, vol. 181, no. 14, pp. 2923-32.

APÉNDICE

A1. Cuestionario base para las entrevistas a los expertos bancarios

Muchas gracias por permitirme hacer esta entrevista. Ésta es una tesis de doctorado en Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires. El objetivo es estudiar la incidencia de la opinión de experto en la gestión de riesgo de mercado. Con la ayuda de los entrevistados se identificarán las características del sector en estos campos de aplicación.

Toda la información es confidencial y anónima. Por favor no indicar nombres ni suministrar información sensible.

Todo el material está a disposición a futuro.

- 1. Con su experiencia en evaluación de riesgos de mercado, coménteme por favor algunas cuestiones que le surjan a partir del siguiente tópico: ¿cuán **precisa es la metodología cuantitativa** que usted conoce y utiliza para valorar **riesgos de mercado**? ¿Cuánto la afecta su **opinión, su experiencia** o la de su sector a dicha evaluación?*
- 2. ¿De qué manera se **adapta/ajusta el modelo** como estrategias de gestión?*
- 3. ¿Con qué **frecuencia** debería revisarse la metodología cuantitativa?*
- 4. ¿Qué opinión tiene respecto a la forma de incorporar **eventos inéditos** a los modelos?*
- 5. En cuanto a la estimación, ¿Qué opina de la simulación histórica (datos del pasado) para proyectar el futuro? ¿sugiere **modelos más complejos**?*
- 6. De acuerdo al orden jerárquico de una organización bancaria, ¿las decisiones de implementación de modelos de medición de riesgo se toman de arriba hacia abajo? ¿O existe algún **nivel de consenso** en el área?*
- 7. Si yo le muestro un portafolio con dos activos y le muestro los retornos diarios de cada uno de los últimos dos años. Sin ningún nivel de precisión, de acuerdo a su experiencia: ¿puede **estimar (aprox.) la máxima pérdida posible** a una probabilidad muy baja de ocurrencia (sin uso de recursos tecnológicos)?*

A2. Algoritmo en VBA para convolución

A continuación, se muestra el algoritmo para el cálculo de convolución matemática en *Visual Basic for Applications* (VBA)⁶⁸:

```
Sub Convolucionar2()  
  
Dim Intensidad As Double  
Dim Distribucion() As Double  
Dim Convolucion() As Double  
Dim ContarX1 As Integer  
Dim ContarX2 As Integer  
Dim X As Single  
Dim X1 As Single  
Dim X2 As Single  
Dim Px1 As Double  
Dim Px2 As Double  
Dim Px As Double  
Dim Temp1 As Double  
Dim Temp2 As Double  
Dim i As Integer  
Dim j As Integer  
Dim k As Integer  
  
'setea los valores iniciales de las variables  
ReDim Distribucion(2, 1)  
ReDim Convolucion(2, 1)  
ContarX1 = Val(Range("A1").Value)  
ContarX2 = Val(Range("C1").Value)  
  
'Carga la 1er linea  
X1 = Cells(4, 1).Value  
Px1 = Cells(4, 2).Value  
X2 = Cells(4, 3).Value  
Px2 = Cells(4, 4).Value  
X = X1 + X2  
Px = Px1 * Px2  
Distribucion(1, 1) = X  
Distribucion(2, 1) = Px  
  
For i = 1 To ContarX1  
    For j = 1 To ContarX2  
  
        X1 = Cells(i + 3, 1).Value  
        Px1 = Cells(i + 3, 2).Value  
        X2 = Cells(j + 3, 3).Value  
        Px2 = Cells(j + 3, 4).Value  
        X = X1 + X2  
        Px = Px1 * Px2
```

⁶⁸Agradezco mucho los aportes, revisiones y comentarios del Act. E. Rodrigo J. Del Rosso sobre esta implementación. Los errores u omisiones son atribuibles únicamente al autor de esta tesis doctoral.

```

        For k = 1 To UBound(Distribucion, 2)
            If X = Distribucion(1, k) Then
                Distribucion(2, k) = Distribucion(2, k) + Px
                Exit For
            Else
                If k = UBound(Distribucion, 2) Then
                    ReDim Preserve Distribucion(2, UBound(Distribucion, 2) + 1)
                    Distribucion(1, UBound(Distribucion, 2)) = X
                    Distribucion(2, UBound(Distribucion, 2)) = Px
                End If
            End If
        Next k

    Next j
Next i

'muestra el resultado de la convolucion final
For i = 1 To UBound(Distribucion, 2)
    For j = 1 To 2
        Cells(i + 3, j + 5).Value = Distribucion(j, i)
    Next j
Next i

End Sub

```

A3. Evaluación de proyectos con números Z

Se considera el caso de una empresa que se encuentra evaluando la posibilidad de realizar una inversión en 2 países distintos. Evidentemente, su decisión dependerá de la rentabilidad que se espere y de las variables que caracterizan el macro-entorno donde se desarrolle la inversión, esto último es importante porque determina herramientas que tiene la empresa para adaptar el proyecto a nuevas condiciones que podrían presentarse. Supongamos que el costo de la inversión es de 500.000 en ambos casos pero que el valor actual de las ganancias futuras viene dado por los siguientes NB:

$$\widetilde{VA}_1 = (505.354 ; 520.869 ; 555.497)$$

$$\widetilde{VA}_2 = (511.726 ; 534.619 ; 572.381)$$

El resultado del VAN borroso para cada alternativa es entonces:

$$\widetilde{VAN}_1 = (5.354 ; 20.869 ; 55.497)$$

$$\widetilde{VAN}_2 = (11.726 ; 34.619 ; 72.381)$$

Normalizado:

$$N(\widetilde{VAN}_1) = (0,0740 ; 0,2883 ; 0,7667)$$

$$N(\widetilde{VAN}_2) = (0,1620 ; 0,4783 ; 1)$$

Por otra parte, las variables consideradas en el análisis serán variables lingüísticas que expresen:

- Poder de mercado (C_1) y elasticidad de la demanda (C_2) : Le brinda a la empresa la posibilidad de modificar los precios para mantener la rentabilidad esperada ante cambios imprevistos. Enfrentarse a una demanda muy elástica y tener que competir con varias empresas significa ser tomadora de precio, lo cual quita flexibilidad y, por lo tanto, valor al proyecto.
- Regulación y protección de los derechos constitucionales, la inversión y la propiedad industrial (C_3) : Esta variable engloba la protección política que tiene la empresa para sostener la viabilidad de la inversión.

- Calificación Riesgo País (C_4): Es el riesgo de una inversión económica debido a factores específicos y comunes de cada país. Se entiende que está relacionado con la eventualidad de que un estado soberano se vea imposibilitado o incapacitado de cumplir con sus obligaciones con algún agente extranjero, lo cual trae aparejado severas complicaciones a la estabilidad del país y, consecuentemente, de las inversiones.
- Producto Interno Bruto – PIB – (C_5): Este indicador, según la teoría, mide el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por un país dentro de su territorio, en un período determinado. En pocas palabras, ese valor monetario es el crecimiento total de una economía y la dinámica de un país, factores determinantes a la hora de implementar una estrategia pues si la economía está en un momento decreciente o en crisis, lo más seguro es que las personas estén ahorrando o tengan menos dinero para gastar y viceversa. (Vásquez Raigosa y Vallejo Londoño, 2011)
- Inflación (C_6): Mide el aumento sostenido de los precios. Un contexto de inflación alta tiene consecuencias negativas para el proyecto en 2 cuestiones principales: repercute en los salarios, el precio de venta, las ventas y los costos, por lo tanto, la empresa debe contar con mecanismos que se adecuen rápidamente a estas cuestiones para no tener pérdidas; influye en las tasas de interés, dado que para frenar la inflación los gobiernos ponen tasas de interés altas y esto perjudica el consumo.
- Restricción a las importaciones (C_7): Una empresa que se vuelca a la inversión directa en mercados que disponen de restricciones para la importación le otorga a esta la ventaja de no tener que competir con mercados extranjeros.

El conjunto de las etiquetas para describir la información disponible dispondrá de 5 etiquetas representadas por NBT y acotadas en el intervalo $[-1, 1]$ del siguiente modo:

Muy alto $\rightarrow MA = (0,5 ; 0,75 ; 1)$

Alto $\rightarrow A = (0,25 ; 0,50 ; 0,75)$

Medio $\rightarrow M = (-0,50 ; 0 ; 0,50)$

Bajo $\rightarrow B = (-0,75 ; -0,50 ; -0,25)$

Muy bajo $\rightarrow MB = (-1 ; -0,75 ; -0,50)$

Es importante la interpretación que se tiene para categorizar cada variable lingüística en la etiqueta correspondiente. En este punto, una elasticidad alta, por ejemplo, se ubicaría en la etiqueta bajo porque le quita valor al proyecto, en cambio, una regulación y protección alta lo haría en la etiqueta alto por agregarle valor.

Por otra parte, respecto a la confiabilidad de la información disponible y la importancia asignada a cada variable, el conjunto de etiquetas también será de 5 pero acotadas en el intervalo [0,1]. La justificación de la elección se basa en respetar los signos en el momento de realizar la valuación global ya que, si usamos la semántica de la primera componente caemos en el error de agregarle valor al proyecto en el caso de tener, por ejemplo, elasticidad alta e información poco confiable (esto ocurre por regla de signos del producto).

Muy confiable $\rightarrow MC = (0,75 ; 1 ; 1)$

Confiable $\rightarrow C = (0,50 ; 0,75 ; 1)$

Confiabilidad media $\rightarrow CM = (0,25 ; 0,50 ; 0,75)$

Poco confiable $\rightarrow PC = (0 ; 0,25 ; 0,50)$

Muy poco confiable $\rightarrow MPC = (0 ; 0 ; 0,25)$

Una vez categorizada cada variable y su fuente de información, se procede a configurar la matriz de valuación Z:

$$\begin{array}{c}
 C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 \\
 \left[\begin{array}{cccccc}
 (MA, MC) & (A, C) & (A, C) & (M, MC) & (A, CM) & (A, C) & (M, MC) \\
 (M, MC) & (A, C) & (B, MC) & (B, MC) & (M, C) & (M, PC) & (MB, C)
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Luego, ingresa al análisis la subjetividad del inversor para ponderar la importancia que tienen las variables del macro-entorno sobre el proyecto. Con esta información se constituyen los factores de ponderación:

Criterio	Importancia	Factor de Ponderación (w_j)
C_1	Alta	0,1463
C_2	Muy Alta	0,1829
C_3	Alta	0,1463
C_4	Media	0,09765
C_5	Media	0,09765
C_6	Alta	0,1463
C_7	Muy Alta	0,1829

Por la semántica utilizada, las variables lingüísticas tienen el mismo tipo de unidad, por lo tanto, ya disponemos de una escala homogénea para obtener la valuación global de ambas alternativas:

$$\widetilde{C}M_1 = (0,0152 ; 0,3125 ; 0,6981)$$

$$\widetilde{C}M_2 = (-0,2851 ; -0,1563 ; 0,0154)$$

Entonces, el nuevo valor del VAN borroso es,

$$\widetilde{VAN}_1^* = (0,0892 ; 0,6008 ; 1,4648)$$

$$\widetilde{VAN}_2^* = (-0,1239 ; 0,322 ; 1,0154)$$

Aplicando el criterio de orden,

$$H(\widetilde{VAN}_1^*) = 0,8128$$

$$H(\widetilde{VAN}_2^*) = 0,5078$$

Como puede verse, el ejemplo compara dos proyectos de inversión con valores del VAN que, si se aplicara el mismo criterio de orden, se elegiría el segundo proyecto. Sin embargo, agregando al análisis las condiciones de mercado y, al ser estas bastante más favorables en el primer proyecto, la elección cambia para este último.