

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. EL RIESGO FINANCIERO

1. Importancia y actualidad de la gestión de riesgos	11
2. ¿Qué es el riesgo?.....	14
3. Tipos de riesgo y sus fuentes	15
3.1. Riesgo de mercado.....	17
3.2. Riesgo de crédito	25
3.3. Riesgo de liquidez.....	27
3.4. Riesgo operacional.....	28
3.5. Riesgo legal.....	30
3.6. Riesgo reputacional.....	30
3.7. Riesgo de negocio	31
4. Gestión de riesgos financieros. Especial consideración al riesgo de mercado.....	31
4.1. Aspectos conceptuales. Marco de gestión del riesgo	31
4.2. Función de riesgos. Principios básicos de la gestión global del riesgo de mercado	35
4.3. Medición de los riesgos de mercado	37
4.4. Políticas de control del riesgo	41
Referencias	44

CAPÍTULO 2. VOLATILIDAD DE LOS RENDIMIENTOS FINANCIEROS

1. Introducción.....	47
2. Características de los rendimientos financieros.....	50
3. Modelos de volatilidad.....	56
3.1. Medidas simples.....	57
3.2. Medidas estructuradas.....	61

3.2.1. Modelos lineales GARCH.....	63
3.2.2. Modelos GARCH no lineales	70
3.2.3. Modelos GARCH de memoria larga.....	75
3.2.4. Otros modelos de volatilidad	78
4. Estimación de los modelos de la familia GARCH por máxima verosimilitud.....	79
5. Validación de un modelo de volatilidad	82
Referencias	84
 CAPÍTULO 3. MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL VaR	
1. Introducción.....	87
2. Simulación Histórica (SH)	90
3. Método Paramétrico.....	93
3.1. Previsión del Valor en Riesgo (VaR)	96
3.2. VaR paramétrico bajo distribuciones de rentabilidad no Gaussianas...	98
3.2.1. Contrastes de normalidad	99
3.2.2. VaR lineal bajo el supuesto de <i>t</i> -Student.....	104
3.2.3. VaR lineal bajo distribuciones asimétricas.....	109
4. Métodos Semiparamétricos	113
4.1. Simulación Histórica Filtrada.....	113
4.2. Teoría de Valores Extremos.....	119
4.2.1. Teoría de Valores Extremos Incondicional.....	119
4.2.2. Teoría de Valores Extremos Condicional.....	126
4.2.3. Elección del Rendimiento Umbral.....	129
Referencias	132
 CAPÍTULO 4. EXPECTED SHORTFALL	
1. Introducción.....	135
2. Pérdida Esperada o <i>Expected Shortfall</i> (ES).....	136
3. Propiedades matemáticas de las medidas de riesgo.....	138
3.1. Coherencia y propiedades relacionadas	138
3.2. Elicitabilidad.....	145
4. Métodos de estimación del ES.....	149

4.1. Métodos no paramétricos	149
4.2. Métodos paramétricos	151
4.2.1. Modelos incondicionales.....	151
4.2.2. Modelos condicionales.....	165
4.3. Métodos semiparamétricos	167
4.3.1. Simulación Histórica Filtrada.....	167
4.3.2. Teoría de Valores Extremos.....	168
Referencias	170
 CAPÍTULO 5. BACKTESTING	
1. Introducción.....	173
2. <i>Backtesting</i> VaR	174
2.1. <i>Backtesting</i> basado en test estadísticos.....	177
2.2. <i>Backtesting</i> basado en funciones de pérdida.....	182
3. <i>Backtesting</i> ES.....	186
3.1. Contraste de Righi y Ceretta (2013)	190
3.2. Contraste de Righi y Ceretta (2015)	193
3.3. Contrastes de Acerbi y Szekely (2014)	197
3.4. Contrastes de Costanzino y Curran (2015), y de Du y Escanciano (2017)	200
Referencias	209
 CAPÍTULO 6. CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA	
1. ¿Qué es una variable?	213
2. Probabilidad de ocurrencia de un suceso.....	213
3. Variables aleatorias.....	214
3.1. Variables aleatorias discretas	214
3.1.1. Función de probabilidad de una variable aleatoria discreta ...	214
3.1.2. Función de distribución de una variable aleatoria discreta....	215
3.1.3. Medidas características de una variable aleatoria discreta	218
3.2. Variables aleatorias continuas	228
3.2.1. Función de densidad de una variable aleatoria continua.....	229
3.2.2. Función de distribución acumulada de una variable aleatoria continua	231

3.2.3. Medidas características de una variable aleatoria continua	233
3.2.4. Funciones de densidad importantes en el cálculo de probabilidades y estadística.....	238
4. Estimación por máxima verosimilitud	245
5. Teorema Central del Límite.....	249
6. Inferencia estadística.....	250
ANEXO 1. DATOS PARA LA REALIZACIÓN DEL EJERCICIO 6.9	261
ANEXO 2. TABLAS ESTADÍSTICAS	265
Referencias	270
APÉNDICE. REGULACIÓN DEL RIESGO DE MERCADO:VAR Y ES	271

Capítulo 1

El riesgo financiero

1. Importancia y actualidad de la gestión de riesgos

Desde la década de los setenta del siglo xx, los mercados financieros han experimentado cambios revolucionarios que han subrayado la importancia y necesidad de adecuados sistemas de control y gestión del riesgo para las entidades que en ellos operan. La globalización, liberalización y desregulación de los mercados, las presiones competitivas derivadas de los fenómenos anteriores, y reflejadas en el estrechamiento de márgenes, el incremento en el volumen de transacciones y en la volatilidad de precios, tipos de cambio y tipos de interés y la introducción de complejos productos y estrategias de negociación o *trading*, han conducido a que los mercados de capitales y las actividades de *trading* (vinculadas a las Tesorerías de las entidades) adoptaran un rol cada vez más importante en las empresas, en general y en las instituciones financieras, en particular durante las últimas décadas. Estas actividades incluyen el uso de una gama de productos financieros y estrategias mucho más amplia y diversificada que se extiende desde títulos de renta fija o variable tradicionales y líquidos a instrumentos derivados complejos.

Pero es en los últimos años cuando estos cambios en el entorno y tipo de actividad, acompañados del incesante proceso de innovación financiera, han hecho más evidente la necesidad de contar con buenas prácticas e instrumentos de medición y gestión del riesgo más precisos. La expansión tanto en crecimiento como tipología de la actividad vinculada a los instrumentos financieros derivados junto con las notables pérdidas sufridas por muchas instituciones¹ en su operativa con estos instrumentos, que evidenciaban la fragilidad de los sistemas y controles que venían empleándose, motivaron un intenso debate sobre las consecuencias de su apalancamiento, complejidad y opacidad, en algunos

¹ Barings, Daiwa, Sumitomo, Long Term Capital Management –LTCM– o, más recientemente, Allied Financial Banks –AIB–, son algunos de los ejemplos más notorios.

casos, que se tradujo en una prolija corriente de informes y en la aparición de nuevas metodologías de medición del riesgo (particularmente, las medidas Valor-en-Riesgo o VaR y la Pérdida Esperada o ES²).

A modo de síntesis, entre las principales recomendaciones comunes a estos informes destacan las siguientes:

- a) Necesidad de medir, monitorizar y controlar las exposiciones de la entidad, particularmente las vinculadas a los instrumentos derivados, siendo imprescindible la implicación activa de la Alta Dirección en la fijación de la estrategia y políticas generales que gobiernan estos procesos.
- b) Una función independiente de gestión de riesgos que reporte directamente a la Alta Dirección.
- c) La separación del *front office* y del *back office* para prevenir fraudes y otras prácticas desleales.³
- d) La importancia de las auditorías y sistemas de control interno.
- e) Necesidad de adecuados sistemas de información.
- f) El uso de modelos internos (basados en conceptos y medidas como el Valor en Riesgo y la Pérdida Esperada, en el caso del riesgo de mercado), para la medición, y gestión de los riesgos financieros.

² Acrónimos de su denominación en inglés: *Value at Risk* (VaR) y *Expected Shortfall* (ES).

³ En el contexto de las áreas de mercados de las entidades financieras, un aspecto clave que debe guiar la gestión de riesgos es la segregación de funciones. Con este objetivo es frecuente diferenciar entre las siguientes dos funciones:

- *Front office*: vinculada al área de negocio que se desarrolla en las distintas mesas de contratación (por tipo de riesgos, de productos y/o de mercados). Realizan el registro de las operaciones que será posteriormente sujeto a control por el *back office*.
- *Back office*: incluye las actividades contables y administrativas generadas por la confirmación escrita de las operaciones negociadas en el *front office*, comprobando que las entradas informáticas no son erróneas ni incompletas, evitando contrataciones indebidas y asegurando la liquidación de las mismas. Realizan, además, el seguimiento diario de límites de riesgo.

Entre una y otra función es también frecuente, sobre todo en las entidades con mayor actividad en las áreas de mercado, de una tercera función conocida como *middle office*. Entre sus funciones figura la verificación de las operaciones del *front office*, dejando la administración de las mismas al *back office*, analizar resultados, valorar carteras, medición y control de riesgo, control de posiciones, entre otras.

Paralelamente, la preocupación cada vez mayor, de accionistas y organismos supervisores acerca de la asunción de riesgos financieros por parte de las entidades financieras, en un entorno de incertidumbre de las condiciones de mercado y de una mayor competencia entre entidades, ha propiciado no solo el desarrollo de nuevos y avanzados sistemas de gestión de riesgos sino también la necesidad de vincular las medidas de rentabilidad a la noción de riesgo (Rentabilidad Ajustada al Riesgo⁴, RAR). A su vez, este enfoque avanzado en la medición y gestión del binomio rentabilidad-riesgo debe estar acompañado de una noción de la solvencia más allá del enfoque regulatorio, es decir, debe acompañarse de la determinación del capital realmente expuesto o capital económico (CE).

La medición y gestión del riesgo es una disciplina relativamente nueva, que ha surgido con gran dinamismo después de los episodios de inestabilidad y crisis financiera que se presentaron en las décadas de los ochenta y noventa⁵ y, de manera singular tras la crisis financiera internacional de 2008. Esta crisis estuvo originalmente vinculada al riesgo crediticio y ha servido para poner de manifiesto cómo interactúan y se trasladan sus efectos a otros tipos de riesgos. La evidencia de que importantes entidades bancarias y grandes fondos de inversión tenían comprometidos sus activos en hipotecas de alto riesgo provocó una repentina contracción del crédito (fenómeno conocido técnicamente como *credit crunch*) y una enorme volatilidad de los valores bursátiles (riesgo de mercado), generándose una espiral de desconfianza y pánico inversionista, y una repentina caída de las bolsas de valores de todo el mundo, debida, especialmente, a la falta de liquidez (riesgo de liquidez).

En este contexto, surge la necesidad de adoptar métodos y procedimientos para el control de riesgos, cada vez más sofisticados y rigurosos, como una herramienta indispensable de la gestión moderna de las empresas pertenecientes tanto al ámbito financiero como al no financiero, y de manera singular en bancos por ser el riesgo un elemento consustancial al negocio bancario.

⁴ Todos estos conceptos han supuesto un cambio de gran trascendencia en la gestión de riesgos de las entidades financieras, que han pasado de centrarse en conceptos tradicionales de rentabilidad como la rentabilidad sobre activos (ROA, *Return on assets*) o la rentabilidad sobre fondos propios (ROE, *Return on equity*), a abordar una nueva manera de medir la rentabilidad en función del riesgo, en la que uno de sus principales objetivos se traduce en maximizar el resultado obtenido por unidad de riesgo o de negocio.

⁵ Por ejemplo, la caída de la bolsa de Nueva York en 1987, la explosión de las burbujas financieras e inmobiliarias en Japón en los noventa, la crisis de las empresas tecnológicas (conocidas como *punto com*) a finales de la década de los noventa, la crisis financiera en el sudeste asiático en 1997, entre otras.

Con carácter previo a establecer el marco conceptual que requiere la adecuada gestión y control del riesgo financiero en general, y el de mercado en particular, en los siguientes apartados se introducirá la noción de riesgo y la tipología de riesgos financieros existentes, principalmente en el contexto de las entidades financieras. Esta primera fase de identificación de riesgos nos permitirá posteriormente centrar la atención en los elementos que intervienen en la cadena de valor que implica la medición-gestión-control del mismo, así como servir de marco general para centrar la medición del riesgo de mercado que se abordará en posteriores capítulos.

2. ¿Qué es el riesgo?

La complejidad que plantea el escenario descrito ha motivado que tanto las empresas, particularmente en el caso de las entidades financieras, como los supervisores bancarios prioricen la medición y gestión de los riesgos financieros que pueden afectar considerablemente a su cuenta de resultados, en el caso de las primeras, y a la estabilidad financiera del sistema en el caso de la regulación y supervisión financieras.

Pero ¿qué es el riesgo? Etimológicamente, la palabra «riesgo» procede del latín *riscare* que significa «atreverse». El diccionario de la Real Academia define riesgo como «contingencia o proximidad de un daño»; en otras palabras, es la posibilidad de que un evento negativo suceda (o no suceda). Así, el riesgo únicamente se materializa cuando un evento tiene lugar, si bien este puede estar siempre presente. Por ejemplo, en todo momento que se conduce un coche existe el riesgo de estar involucrado en un accidente. Pero si bien el riesgo siempre se encuentra presente, este en muchas ocasiones solo es percibido cuando se materializa; es decir, hasta que ocurre el accidente. Por tanto, el hecho de que en un momento dado no se perciba el riesgo no implica que no esté presente.

Aproximémonos un poco más a una definición más operativa del concepto de riesgo. Un contexto de riesgo es aquel en el que no conocemos con certeza las consecuencias asociadas a una decisión, lo único que conocemos son los posibles resultados asociados a la misma y las probabilidades de alcanzar dichos resultados.⁶

⁶ El director de cine Woody Allen decía *«me interesa el futuro porque es el sitio donde voy a pasar el resto de mi vida»*. El riesgo comporta incertidumbre sobre una situación o variable en el futuro. Es un concepto, ex ante al que intentamos aproximarnos mediante parámetros e indicadores. La aproximación al riesgo

En el ámbito financiero la noción de *riesgo* implica que conocemos los diversos rendimientos que potencialmente podemos conseguir al realizar una inversión y que conocemos también la probabilidad de alcanzar dichos resultados; todo ello nos permite estimar el rendimiento medio esperado y la posible desviación por «encima» o por «debajo» de ese valor medio; esto es, el *riesgo*. La medida más popular y tradicional de medir el riesgo es a través de la varianza. De esta forma se identifica el riesgo con volatilidad. De hecho, la teoría financiera tradicional define el riesgo como la dispersión de los rendimientos debido a movimientos en las variables financieras. Otra forma de medir el riesgo, que es la más utilizada actualmente, es evaluar las pérdidas que puedan producirse ante cambios en las variables financieras. Esto es lo que hace el concepto *Valor en Riesgo (VaR)*. Al medir el riesgo de esta forma, se está asociando el concepto de riesgo al peligro de pérdidas.

En este manual se revisa de forma detallada ambos conceptos: volatilidad y Valor en Riesgo (VaR), y se describen los modelos y metodologías más utilizados para estimar estas medidas, incluyendo, además, la Pérdida Esperada (ES).

3. Tipos de riesgo y sus fuentes

Los factores de riesgo, así como la naturaleza de los diferentes riesgos que enfrentan las organizaciones son diversos. Por ejemplo, los riesgos son provocados por fenómenos naturales, tecnológicos, estratégicos, políticos, comerciales y sociales. Existen diversas clasificaciones de los riesgos empresariales dependiendo de cuál sea el criterio considerado. La Tabla 1.1 resume las más frecuentes. Pero no solo las fuentes de los riesgos que enfrentan las organizaciones son variadas, sino también su carácter es muy diverso.

En términos generales los riesgos se podrían clasificar en los tres grupos recogidos en la Tabla 1.1:

- Riesgos externos *vs* riesgos internos.
- Riesgos sistemáticos *vs* riesgos no sistemáticos.
- Riesgos financieros *vs* riesgos no financieros.

puede realizarse a partir de información histórica pasada o mediante pronósticos prospectivos, escenarios futuros que no necesariamente replican el comportamiento pasado de los factores de riesgo. Por tal motivo, el estudio de decisiones en contexto de riesgo precisa tener conocimientos básicos de probabilidad, que serán expuestos en el Capítulo 6.

Tabla 1.1. Clasificaciones de riesgos empresariales

Riesgos externos vs riesgos internos	Los riesgos externos son los derivados de factores externos a la propia empresa, sobre los que la empresa no puede actuar. Pueden estar referidos a un país o zona geográfica, a un sector determinado, etc. A modo de ejemplo cabe citar las circunstancias imprevisibles provocadas por la naturaleza (terremotos, inundaciones, etc.).
	Los riesgos internos se derivan de la actividad de la empresa y de las decisiones tomadas en el seno de la misma. Entre ellos están los relacionados con una dirección estratégica no adecuada o los derivados de fallos en los procesos que se realizan dentro de la empresa.
Riesgos sistemáticos vs no sistemáticos	Los riesgos sistemáticos son aquéllos que están relacionados con la incertidumbre general del mercado en el que actúa la empresa, y que afectan, en mayor o en menor medida, a todas las empresas. Este tipo de riesgos suele estar asociado a factores macroeconómicos: una recesión económica o una subida de tipos de interés afecta a todas las empresas, aunque las repercusiones sean distintas en cada una de ellas.
	Los riesgos no sistemáticos o específicos son atribuibles a factores particulares que solamente afectan a una determinada empresa, entre ellos el modelo de gestión, la estructura de costes, el bien o servicio objeto de su actividad, etc.
Riesgos financieros vs no financieros	Todos los riesgos a los que se expone una entidad originan una pérdida económica o financiera, pero mientras algunos de ellos son «riesgos financieros» en el sentido de depender de variables financieras (precios y tipos financieros, probabilidades de impago, etc.), otros son calificados como «riesgos no financieros» por ser función de variables que no dependen directamente del mercado (riesgo de modelo, fallos de sistemas, etc.)

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, en el contexto de las entidades financieras, particularmente en la banca, es frecuente clasificar los riesgos a los que está expuesta, según su naturaleza, en las siguientes categorías:

- Riesgo de mercado
- Riesgo de crédito
- Riesgo de liquidez

- Riesgo operacional
- Riesgo legal
- Riesgo reputacional
- Riesgo de negocio

A continuación, se describen cada uno de estos riesgos.

3.1. Riesgo de mercado

El riesgo de mercado, característico de la actividad de Tesorería, puede definirse como el riesgo de pérdida en los valores de mercado de activos, pasivos y operaciones fuera de balance (OFB)⁷, que surge de la evolución desfavorable de los factores de riesgo subyacentes (tipos de interés, tipos de cambio, cotizaciones de la renta variable, precios de las mercaderías, volatilidad de las opciones, etc.) de los que depende el valor de tales posiciones.

En consecuencia, la exposición al riesgo de mercado viene determinada no solo por la volatilidad de los factores de riesgo subyacentes, sino también por la sensibilidad de la cartera de la entidad a las variaciones en los mismos. El riesgo de mercado puede, a su vez, categorizarse en cuatro modalidades, en función de la naturaleza de las posiciones que lo originan:⁸

⁷ Con carácter general, las operaciones fuera de balance son aquellas que no implican un movimiento inmediato de efectivo pero sí plantean un riesgo para la entidad. Ejemplos de este tipo de operaciones son los avales, garantías y, de manera singular, los productos derivados (operaciones a plazo, futuros y opciones, entre otros). FUNCAS (2008: 1) las define como «aquellas en las que se recogen los saldos representativos de derechos, obligaciones y otras situaciones jurídicas que en un futuro, no teniendo un reflejo contable en balance por su naturaleza contingente, pueden tener repercusiones patrimoniales, así como aquellos saldos que se precisen para reflejar todas las operaciones de una entidad bancaria, aun cuando no comprometen su patrimonio».

La circular 4/2004 del Banco de España que entró en vigor en 2005, ofreció un marco de referencia en torno a la definición de las operaciones fuera de balance, además de establecer el conjunto de normas que rigen la contabilidad de las entidades de crédito. Según la citada circular, las OFB serían incluidas en las cuentas de orden de los balances de las entidades financieras (Pérez, 2008).

⁸ No obstante, una misma posición puede comportar más de una modalidad de riesgo de mercado. Por ejemplo, desde la perspectiva de un gestor español, una posición larga en títulos de deuda americana estará sometida al riesgo de tipo de cambio, derivado de descensos potenciales en el valor de la posición como consecuencia de caídas en la cotización del dólar en términos de euros. Adicionalmente, soportará riesgo de interés derivado del potencial descenso en el valor de la posición si, como consecuencia de una subida de los tipos de interés del dólar, descendiera la cotización en dólares de dichos títulos.

- (i) Riesgo de tipo de interés
- (ii) Riesgo de tipo de cambio
- (iii) Riesgo de precio de renta variable
- (iv) Riesgo de precio de mercaderías (*commodities*)
- (v) Riesgos específicos de los instrumentos derivados
- (vi) Otros riesgos de mercado

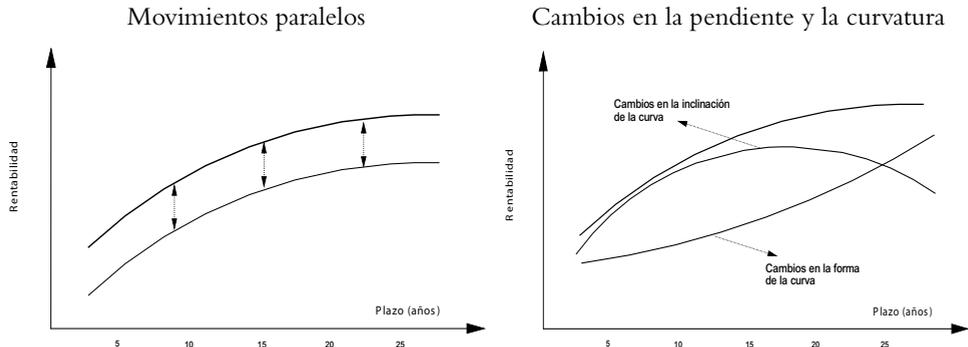
Además de estos riesgos se presentan los riesgos específicos que afectan de manera singular a los productos derivados (especialmente, en las opciones financieras) así como otros riesgos de mercado (riesgos de correlación y riesgos de pago anticipado).

Un resumen de las posiciones básicas que generan riesgo de mercado se presenta en la Tabla 1.2.

(i) Riesgo de tipo de interés

El riesgo de tipo de interés se define como la exposición a las fluctuaciones del mercado por cambios en la curva de los tipos de interés (Gráfico 1.1), pudiendo distinguirse entre:

- *Riesgo Direccional*: Entendido como la sensibilidad de los resultados a movimientos paralelos en la curva de tipos, de manera que los diferenciales de tipos serían iguales para todos los plazos (los tipos de interés a corto se moverían de la misma forma que los de largo).
- *Riesgo de Curva de Tipos*: Definido como la sensibilidad de los resultados ante cambios en la estructura de plazos de la curva de tipos de interés (cambios de pendiente o de forma de la curva de rentabilidades).

Gráfico 1.1. Movimientos en la curva de tipos

Dentro del área de mercados este riesgo se asocia no solo con la operativa en los mercados de deuda e interbancario, sino que también se vincula con posiciones en derivados que tengan como subyacentes títulos de deuda o tipos de interés.

En el ámbito de la gestión, es importante diferenciar entre esta modalidad de riesgo, incluida dentro de la categoría de *riesgo de mercado*, objeto del presente manual, y el *riesgo de interés* (a veces denominado *riesgo estructural*), que se refiere al conjunto del balance. Este último procede del impacto que una variación adversa en los tipos de interés ocasionaría en las distintas partidas del activo, del pasivo y en las operaciones fuera de balance de una entidad de crédito como consecuencia de su diferente vencimiento/repreciación. Su gestión está vinculada a las técnicas de medición de GAP, (Gestión de Activos y Pasivos), duración y simulación, ya tradicionales en las entidades y es habitualmente conocida como función ALM (*Asset Liability Management*) o Gestión de Activos y Pasivos. Por el contrario, el riesgo de mercado está asociado al impacto que las variaciones de los precios financieros originan en el valor de mercado de las posiciones dentro y fuera de balance, y su gestión se relaciona, con carácter general, con la cartera de negociación o *trading* de las entidades financieras (Pérez Campanero, 1995). Por último, puede decirse que no es exclusivo de las entidades de crédito, ya que afecta a todo intermediario financiero y que para su medición se emplean normalmente metodologías vinculadas al concepto *Valor en Riesgo (VaR)*.

(ii) Riesgo de tipo de cambio

El riesgo de cambio procede de las operaciones financieras que efectúan las entidades en los mercados internacionales en distintas divisas. Incluye el

riesgo de variaciones potenciales en el valor de las posiciones en moneda extranjera, como consecuencia de variaciones en los tipos de cambio de contado de la moneda doméstica o entre dos monedas extranjeras (*riesgo de tipo de cambio «spot»*).

(iii) Riesgo de precio de renta variable

Con frecuencia referido como riesgo de mercado en renta variable, el riesgo de precio se refiere a la posibilidad de que se produzcan descensos en el precio de las acciones. Este riesgo, asociado al rendimiento de los instrumentos de la renta variable, se estima tradicionalmente sobre la base del CAPM (*Capital Asset Pricing Model*, Sharpe, 1964). No obstante, no solo las acciones están sujetas a este tipo de riesgo; cualquier tipo de rendimiento relacionado con el mercado de renta variable está expuesto a riesgo bursátil.

Por lo general la gestión del riesgo en carteras de renta variable⁹ puede ser entendida mediante las relaciones de los componentes de la cartera con los índices generales de cada plaza. Este procedimiento está basado en el modelo CAPM, que explica las rentabilidades de cualquier acción en función de dos componentes:¹⁰ uno específico de la acción (no sistemático) y otro de mercado (sistemático). Ambos componentes se supone que no están correlacionados.

(iv) Riesgo de precio de mercaderías (*commodities*)

De forma genérica, las *commodities* son mercancías primarias o básicas consistentes en productos físicos, que pueden ser intercambiados en un mercado secundario.¹¹ En general, los bienes básicos son productos sin ningún valor agregado, es decir, sin procesar o sin ninguna característica diferenciadora den-

⁹ Los conceptos básicos de la gestión de carteras están definidos por Markowitz (1952) y la aplicación de estos conceptos generales para la gestión de las carteras de renta variable están desarrolladas en Lintner (1965).

¹⁰ Para relacionar cualquier valor con su índice correspondiente es necesario conocer su beta y la varianza de la distribución del índice correspondiente. La beta mide la variación que experimenta una acción ante variaciones de un índice, y su estimación se realiza mediante regresiones entre la rentabilidad del título y la de un índice de mercado, siendo la beta la pendiente de la recta de regresión correspondiente.

¹¹ Para un análisis de la formación de precios y características de las *commodities* como activo financiero puede consultarse Baker, Mayfield y Parsons (1998), Casassus y Collin-Dufresne (2001), Gibson y Schwartz (1990) y Jorion (2009).

tro del mercado.¹² La inversión en bienes básicos puede hacerse por medio de futuros en algunas bolsas internacionales especializadas, como la de Chicago o la de Metales de Londres.

Las *commodities* o bienes básicos se pueden agrupar en varias categorías:

- Energéticos: incluyen petróleo, carbón, gas natural, entre otros.
- Metales industriales, utilizados en procesos industriales, como el cobre, níquel o zinc.
- Metales preciosos, como la plata o el oro, aunque este último es, habitualmente, tratado como una divisa.
- Agrícolas, como el trigo, maíz y soja.

Paralelamente, se pueden clasificar en *commodities* «suaves», o cultivables y que no se pueden almacenar por extensos periodos de tiempo (café, azúcar, maíz, trigo, frutas, etc.); y *commodities* «duras» que generalmente se extraen de la tierra (metales, carbón, petróleo, etc.).

¹² Así, por ejemplo, el cobre es similar si viene de Chile o si se produce en una mina en otro país; y su precio depende de la oferta y demanda global (factores que tienen en cuenta el consumo, pero también, entre otras cosas, el nivel de inventarios de cada bien). Aunque otros bienes tienen diferentes características, por ejemplo, el café, que tiene distintas calidades dependiendo de su lugar de cultivo y por tanto diferentes precios en el mercado internacional, el bien básico se entiende como el producto sin procesar, es decir, café.

Tabla 1.2. Posiciones básicas que generan Riesgo de Mercado

Riesgo de tipo de interés	Riesgo de tipo de cambio	Riesgo de precio (renta variable y commodities)	Riesgos específicos en contratos derivados: Opciones
<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos interbancarios. • Letras del Tesoro. • Adquisiciones y cesiones temporales de activos. • Deuda pública. • Renta fija privada. • Pagarés de empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor actual de todas las posiciones denominadas en determinadas divisas. • Valor actual de las posiciones sometidas a: <ul style="list-style-type: none"> · riesgo de tipo de interés. · riesgo de precio. · Posiciones de compra y venta de divisas al contado 	<ul style="list-style-type: none"> • Posiciones en acciones/materias primas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de precio (<i>DELTA</i>). • Riesgo de convexidad (<i>GAMMA</i>). • Riesgo de volatilidad (<i>VEGA</i>). • Riesgo de plazo (<i>THETA</i>). • Riesgo de descuento (<i>RHO</i>). • Riesgo básico o de correlación.
<ul style="list-style-type: none"> • Futuros sobre tipos de interés a C/P. • Opciones sobre contratos de futuro de tipos de interés. • Futuros sobre bono nomenclal. • Opciones sobre contratos de futuro de bono nomenclal. • Opciones OTC sobre tipos de interés. • Acuerdos de tipos de interés futuro (FRA's). • Permutas financieras (SWAPs) de tipo de interés (IRS). 	<ul style="list-style-type: none"> • Futuros sobre Divisas. • Opciones sobre Divisas. • Posiciones de compra y venta de divisas a plazo. • SWAPs de divisas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Futuros sobre índices bursátiles. • Opciones sobre índices bursátiles. • Futuros sobre acciones. • Opciones sobre acciones. • SWAPs de índices bursátiles. • Futuros y Opciones sobre materias primas: crudo, oro, ... 	

Notas: Hemos incluido únicamente Derivados OTC de primera generación. En la actualidad existe un abanico muy amplio de OTC's, por ejemplo, de swaps (*asset swaps, basis swaps, equity swaps, cross currency swaps (CCS), call money swaps (CMS)*) y opciones o combinaciones de ellas (*cap, floor, collar, swaptions, straddle, strangle*, opciones barrera, etc.)

Fuente: Leber (1996) y elaboración propia

Por último, destacar que actualmente en la mayoría de las entidades financieras la medición del riesgo de precio se realiza a través de las medidas Valor en Riesgo (VaR) y Pérdida Esperada (ES) cuya estimación y análisis es el objetivo del presente libro.

(v) Riesgos específicos de los instrumentos derivados: especial referencia a las opciones financieras

Desde la perspectiva de la medición de riesgos y el control interno en las entidades financieras resulta fundamental considerar la particular problemática de los instrumentos derivados, y especialmente de aquéllos que incorporan opcionalidad. Bengoechea, Arriaga y Errasti (1995) propusieron la siguiente clasificación de riesgos en función de los distintos factores que determinan el riesgo específico de los instrumentos derivados:

- **Riesgo de precio (*DELTA*):** Riesgo de que se produzca una variación en el valor de una operación o de la cartera como consecuencia de variaciones (direccionales) en el precio del activo subyacente.
- **Riesgo de convexidad (*GAMMA*):** Riesgo que surge cuando la relación entre el precio del activo subyacente y el valor de la transacción o de la cartera, no es lineal. Cuanto mayor sea esa convexidad (no linealidad), mayor es el riesgo.
- **Riesgo de volatilidad (*VEGA*):** Este riesgo, característico de las opciones, surge cuando el valor de una transacción o cartera experimenta modificaciones como consecuencia de variaciones de la volatilidad esperada del precio del activo subyacente.
- **Riesgo de plazo (*THETA*):** Riesgo de que el valor de una transacción o una cartera se modifique, debido al paso del tiempo. Está, como el riesgo vega, típicamente asociado a las opciones.
- **Riesgo de descuento (*RHO*):** El riesgo de que se produzcan modificaciones en el valor de la transacción o de la cartera con motivo de una variación en el tipo utilizado para descontar los flujos de caja futuros.
- **Riesgo básico o de correlación:** Se define como la exposición de una cartera al riesgo que surge con motivo de las diferencias entre el rendimiento de los derivados que la componen y el de sus coberturas.

Esta clasificación de riesgos, consistente con la que habitualmente se ofrece al categorizar los riesgos financieros de las entidades, procede del ámbito de las opciones e instrumentos con características opcionales¹³. Los instrumentos de contado y algunos derivados como, por ejemplo, los contratos a plazo están sujetos principalmente a riesgo direccional o riesgo delta, es decir, su evolución depende de los movimientos de la variable financiera particular o del subyacente, del contrato derivado. El valor de una opción, en cambio, está influido no solo por las fluctuaciones en el valor del activo subyacente sino también por el nivel general de los tipos de interés, la volatilidad y el plazo del instrumento. Además, el valor de una opción o cartera de opciones frente a variaciones de precios del subyacente presenta una relación no lineal que exige medir el riesgo de convexidad o riesgo gamma.

(vi) Otros riesgos de mercado

Destacamos a continuación otros dos riesgos asociados a factores de mercado:

- **Riesgo de Correlación:** Además del riesgo de base típico que se ha mencionado en operaciones de cobertura de posiciones de contado usando instrumentos derivados, es posible distinguir otras dos subcategorías de riesgos de correlación que surgen ante variaciones en la relación histórica entre dos o más factores que originan cambio de valoración en un instrumento/cartera:
 - **Riesgo de Spread:** Riesgo de pérdida potencial derivada de cambios inesperados del diferencial o *spread* entre instrumentos financieros (por ejemplo, *swaps*) que cotizan con un margen sobre otros instrumentos de referencia, principalmente valores del Estado.
 - **Riesgo de correlación puro:** Es el riesgo en el que incurren posiciones con instrumentos complejos, donde el precio se basa en la relación entre dos o más factores.
- **Riesgo de Pago Anticipado:** Surge en el caso de títulos con garantía hipotecaria, obligaciones, u otros valores representativos de deuda, en los que el principal, en todo o en parte, puede ser amortizado antes

¹³ La complejidad y sofisticación de estos instrumentos invalida que en muchos casos (por ejemplo, opciones digitales) podamos medir su riesgo a través de aproximaciones analíticas o fórmulas cerradas, debiendo recurrir a enfoques de simulación y escenarios de tensión (*stress testing*).

del vencimiento. Es decir, son instrumentos de deuda con una opción intrínseca que permite al prestatario anticipar la amortización. El riesgo en caso de amortización anticipada es que los flujos de caja tengan que ser reinvertidos a un tipo de interés potencialmente más bajo, es decir, genera un riesgo de tipos de interés.

3.2. Riesgo de crédito

Se define como aquel asociado a la posibilidad de que un deudor incumpla sus obligaciones, ya sea parcial o totalmente (riesgo de contraparte). El riesgo de crédito implica no solo que un deudor incumpla su obligación, sino también que pague solo parcialmente y/o después de la fecha convenida. Naturalmente, la peculiaridad del negocio de los bancos comerciales ha implicado que tradicionalmente estos se expongan a grandes riesgos de crédito a través de sus carteras de préstamo.

Tratándose de operaciones de balance, el riesgo de crédito afecta a las posiciones de activo frente a terceros (es decir, el riesgo de crédito es asimétrico en la medida en que solo una de las partes asume el mismo durante la vida de la operación). Frente a este, el riesgo de crédito en las operaciones fuera de balance, particularmente vinculadas con la actividad de la tesorería en derivados, debe contemplar que estas operaciones pueden ser activas y pasivas durante la vida de la operación. En tal caso, el riesgo de contrapartida no alcanzará normalmente a la totalidad de los importes principales o nocionales sino a la pérdida en que se incurriría en caso de incumplimiento al tener que reponerlas en el mercado. En consecuencia, el principal de la operación no es una medida adecuada de riesgo de crédito. En su lugar, para su estimación existen dos elementos que deben cuantificarse:

- El «riesgo actual» (*mark to market*¹⁴): Es el coste de reposición de las operaciones no vencidas a precios actuales del mercado en caso de impago de la contraparte. Es decir, el valor que perdería actualmente la entidad si quebrara la contrapartida.
- El «riesgo potencial»: Mide las posibles variaciones del *mark to market* a lo largo de la vida de la operación como consecuencia de cambios en las

¹⁴ *Mark to market* hace referencia a la valoración a precios de mercado (contablemente denominado «valor razonable»), en contraposición a la valoración a coste histórico tradicional en la contabilidad.

condiciones de mercado y de la estructura del instrumento. Es decir, la cifra que adicional y potencialmente podría llegar a perderse si la contrapartida, en algún momento futuro, fallase en sus obligaciones.

El riesgo de crédito, generalmente identificado como riesgo de contraparte (asociado al incumplimiento potencial de las obligaciones contraídas por un deudor) se asocia también a otras dos categorías de riesgo que no implican necesariamente un evento de incumplimiento:

- **Riesgo de emisor.** Es el riesgo de cambio potencial adverso en el valor de mercado de un título provocado por un cambio en la percepción del mercado de la solvencia del emisor (originado por cambios de calificación crediticia o rating del emisor, por el tipo de valores emitidos, etc.).
- **Riesgo de liquidación (*settlement*).** Típico en la liquidación de operaciones en divisas, es el riesgo que asume una de las partes que ha cumplido sus obligaciones cuando la contraparte aún no ha satisfecho las suyas. Es decir, cuando no existe simultaneidad en el tiempo en el intercambio de flujos de pago/cobro o de entrega de activos (normalmente como consecuencia de franjas horarias y divisas diferentes).

Finalmente, es habitual incluir como una variante del riesgo de crédito al **riesgo país**, definido como la posibilidad de que el conjunto de los prestatarios de una determinada nación sea incapaz, en los momentos previamente establecidos para ello, de pagar los intereses y/o de devolver el principal de sus deudas a sus acreedores (Ontiveros, Bergés, Manzano y Valero, 1991; Echevarría y Pastor, 1999). En un sentido amplio el riesgo país engloba aspectos políticos (guerras, expropiación, convertibilidad de la divisa, repatriación de rentas, subidas de impuestos, eliminación de subvenciones, limitaciones al control y propiedad de las empresas) y macroeconómicos (inflación, depreciación de la moneda, tipos de interés). Esta categoría de riesgo está presente en las operaciones de riesgo de crédito transnacionales y puede adoptar dos modalidades básicas:

- *Riesgo de transferencia:* Asociado a la capacidad de un deudor para hacer frente a sus obligaciones de pago en divisas frente a acreedores externos, por no disponer el país de divisa suficiente o por dificultades para transferir la divisa al exterior.
- *Riesgo soberano:* Vinculado a las operaciones realizadas con el propio Estado de un país extranjero, el riesgo país está también asociado a la