



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

T e s i s

**Cobertura del riesgo cambiario en México:
un análisis teórico-cuantitativo de
derivados sobre divisas**

Que para obtener el grado de:

Maestro en Finanzas

Presenta: Edgar Mata Flores

Tutor: Mtro. Gabriel A. Malpica Mora

México, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice	Página
Índice	i
Índice de tablas, cuadros y gráficas	v
Sumario	ix
Introducción	1
a. Planteamiento del problema	2
b. Hipótesis	3
c. Objetivos de investigación	4
c.1 Objetivo general	4
c.2 Objetivos específicos	4
d. Justificación	5
e. Tipo de investigación	6
f. Breve contenido de la tesis	7
I. Marco Teórico. Los derivados financieros, su estudio y aplicación al mercado de divisas	9
A) Riesgo de cambio y los derivados financieros especializados	9
1.1 Definición y naturaleza del riesgo de cambio	9
1.2 Contratos de futuros	10
1.3 Estrategias de cobertura con futuros	11
1.4 Contratos <i>forward</i>	12
1.5 Contexto del origen de las opciones sobre divisas	14
1.6 Mercados organizados de opciones sobre divisas	15
1.7 Mercados de común acuerdo (<i>OTC</i>)	16
1.8 Motivación en el uso de derivados	17
1.9 Valor intrínseco y valor tiempo de las opciones sobre divisas.	23
1.10 Valorización y precio de las opciones sobre divisas	25
1.11 Modelos de valuación de opciones sobre tipos de cambio	26
1.11.1 Modelo binomial	26
1.11.2 Modelo de Garman and Kohlhagen	27
1.12 Medidas importantes	28
1.12.1 Volatilidad	28

	Página
1.12.2 Griegas	28
1.12.2.1 Delta	29
1.12.2.2 Gamma	29
1.12.2.3 Theta	29
1.12.2.4 Vega	30
1.12.2.5 Rho	30
1.13 Opciones de segunda generación	31
1.14 Instrumentos sintéticos	31
B) Aspectos técnicos del análisis de los derivados cambiarios	34
1.15 Formación de expectativas	34
1.16 Estudios técnicos	37
1.17 Teoría de la convergencia y su análisis empírico en la literatura	39
1.17.1 Precios futuros y precios al contado	39
1.17.2 Precios de futuros y precios a plazo	43
1.18 Consideraciones post-keynesianas sobre la <i>FRUH</i>	43
1.19 Uso de metodologías GARCH para el análisis del riesgo cambiario	46
II. Oportunidades de Aplicación Práctica. El contexto del riesgo de cambio en México, 2000-2010	48
2.1 El contexto reciente del tipo de cambio en México	48
2.2 Orientación económica al exterior	51
2.3 Monedas predominantes en el comercio internacional y en los mercados de derivados	55
2.4 Arranque de los derivados: los futuros y forwards en México	57
2.5 Inserción de las opciones financieras	58
2.6 Estudios técnicos previos con aplicación al caso mexicano	63
III. Herramientas Financieras. Diseño de estrategias de cobertura con opciones sobre divisas	66
3.1 Formación de estrategias de cobertura	66
3.1.1. Spreads	66
3.1.1.1 Vertical Bull Spread	66

	Página
3.1.1.1.1 Bull spread con opciones call	66
3.1.1.1.2 Bull spread con opciones put	67
3.1.1.2 Vertical Bear Spread	68
3.1.1.2.1 Bear spread con opciones call	68
3.1.1.2.2 Bear spread con opciones put	69
3.1.2 Combinaciones	70
3.1.2.1 Straddle	70
3.1.2.1.1 Short straddle	70
3.1.2.1.2 Long straddle	71
3.1.2.2 Delta-hedging	72
3.1.2.3 Strangle	73
3.1.2.3.1 Short strangle	73
3.1.2.3.2 Long strangle	74
3.1.3 Combinaciones complejas	75
3.1.3.1 Butterfly	75
3.1.3.1.1 Short call butterfly	75
3.1.3.1.2 Long call butterfly	76
3.1.3.2 Condor	77
3.1.3.2.1 Long call condor	77
IV. Aplicación Práctica. Simulación de una estructura compleja de cobertura vertical del riesgo de cambio	79
4.1 Diseño de la simulación	79
4.2 Modelo de reacción a la volatilidad cambiaria	80
4.3 Estimación del riesgo	81
4.4 Estratificación del riesgo de cambio	84
4.5 Reglas de decisión	88
4.6 Aplicación a la serie del euro	90
V. Conclusiones y Recomendaciones. Ventajas en el uso de instrumentos financieros derivados para la cobertura del riesgo de cambio en México	96
5.1 Conclusiones generales	96
5.2 Conclusiones y recomendaciones específicas	96
5.2.1 Utilidad del uso de derivados para la cobertura del riesgo de cambio en México	97
5.2.2 Sobre la metodología técnica de análisis	98

	Página
5.2.3 Sobre las oportunidades para la ampliación en el uso de opciones sobre divisas en México	98
5.2.4 Sobre la estructura estratégica para la cobertura del riesgo de cambio	99
5.2.5 Acerca de la extensión en el uso de opciones financieras en México para incluir al euro	100
VI. Bibliografía y Hemerografía	101
VII. Anexos	107
Anexo 1. Características de un contrato de Futuro del Dólar de los Estados Unidos de América en el MexDer	107
Anexo 2. Características de un contrato de Opción sobre el Dólar de los Estados Unidos de América en el MexDer	117
Anexo 3. Programa en STATA© para la aplicación del modelo GARCH, clasificación del riesgo de cambio y selección de estrategias de cobertura	125

Índice de tablas, cuadros y gráficas

	Página
Tabla 2.1 Indicadores estadísticos de las series de tipo de cambio en México, enero 2004 – agosto 2008 – febrero 2010	50
Tabla 2.2 Comercio exterior en México como porcentaje del PIB, 2009-2010	52
Tabla 2.3 Empresas relacionadas con el comercio exterior en México, 2011	52
Tabla 2.4 Perfil comercial de México	53
Tabla 2.5 Comercio exterior en México por región, 2010	55
Tabla 2.6 Interés abierto en derivados OTC sobre divisas, cuarto trimestre 2010	57
Tabla 2.7 Opciones en el mercado mexicano de derivados por subyacente, 2010	59
Tabla 2.8 Negociación de opciones OTC sobre divisas por país y contraparte, abril de 2010	60
Tabla 2.9 Contratos de opción en el mundo por subyacente	60
Tabla 2.10 Interés abierto en contratos OTC de opción sobre divisas en el mundo, Diciembre de 2010	61
Tabla 2.11 Empresas mexicanas expuestas a efectos negativos por derivados, octubre de 2008	62
Tabla 4.1 Pruebas de estacionariedad al retorno del tipo de cambio MXN/USD	82
Tabla 4.2 Análisis GARCH para el retorno del tipo de cambio MXN/USD	83
Tabla 4.3 Análisis auto-regresivo del riesgo estimado del retorno del tipo de cambio MXN/USD	84

Tabla 4.4 Indicadores estadísticos del riesgo estimado MXN/USD por sub-periodo	85
Tabla 4.5 Resumen de variaciones en el riesgo estimado por signo	86
Tabla 4.6 Clasificación histórica del riesgo calculado en la serie de rendimientos diarios del tipo de cambio MXN/USD, 2000-2011	88
Tabla 4.7 Resumen de oportunidades de aplicación observadas para las alternativas estratégicas, 2000-2010	90
Tabla 4.8 Oportunidades de aplicación observadas por trimestre, 2000-2010	90
Tabla 4.9 Pruebas de estacionariedad al retorno del tipo de cambio MXN/EUR	91
Tabla 4.10 Análisis GARCH para el retorno del tipo de cambio MXN/EUR	92
Tabla 4.11 Análisis auto-regresivo del riesgo estimado del retorno del tipo de cambio MXN/EUR	93
Tabla 4.12 Resumen de variaciones en el riesgo estimado por signo (MXN/EUR).	94
Tabla 4.13 Clasificación histórica del riesgo calculado en la serie de rendimientos diarios del tipo de cambio MXN/EUR, 2000-2010	94
Tabla 4.14 Resumen de oportunidades de aplicación observadas para las alternativas estratégicas, MXN/EUR 2000-2010	94
Tabla 4.15 Oportunidades de aplicación observadas por trimestre, MXN/EUR 2000-2010	95
Cuadro 1.1 Uso de las opciones de acuerdo a las necesidades de cobertura en tipos de cambio	18
Cuadro 1.2 Diferencias entre opciones y <i>forwards</i> en divisas	19
Cuadro 1.3 Posiciones de opciones por función	21
Cuadro 1.4 Intercambio de monedas por tipo de opción	22

Cuadro 2.1 Características de los contratos de futuros de divisas en México	58
Cuadro 2.2 Características de los contratos de opciones sobre divisas en México	59
Cuadro 4.1 Estratos de riesgo	87
Cuadro 4.2 Escenarios de riesgo y reglas de decisión estratégica	89
Gráfica 1.1 Posibles pérdidas o beneficios a través del uso de opciones sobre tipos de cambio	22
Gráfica 1.2 Comparativo del valor de las posiciones y coberturas con opciones	23
Gráfica 1.3 Curva de volatilidad para opciones sobre divisas	25
Gráfica 1.4 Ejemplo de un futuro sintético largo a través de opciones	32
Gráfica 1.5 Ejemplos de opciones sintéticas	33
Gráfica 2.1 Tipo de cambio en México, 2000-2010	49
Gráfica 2.2 Cambio estructural en la serie estadística del tipo de cambio	50
Gráfica 2.3 Volatilidad del tipo de cambio en México, 2004-2010	51
Gráfica 2.4 Importaciones de bienes de capital en México, 2000-2010	54
Gráfica 2.5 Principales divisas internacionales	56
Gráfica 3.1 Bull spread con opciones <i>call</i>	67
Gráfica 3.2 Bull spread con opciones <i>put</i>	68
Gráfica 3.3 Bear spread con opciones <i>call</i>	69
Gráfica 3.4 Bear spread con opciones <i>put</i>	69
Gráfica 3.5 Short straddle	71
Gráfica 3.6 Long straddle	72

Gráfica 3.7 Short strangle	73
Gráfica 3.8 Long strangle	74
Gráfica 3.9 Short call butterfly	76
Gráfica 3.10 Long call butterfly	77
Gráfica 3.11 Long call condor	77
Gráfica 4.1 Serie temporal del retorno del tipo de cambio MXN/USD	82
Gráfica 4.2 Correlogramas del retorno del la serie MXN/USD	82
Gráfica 4.3 Comportamiento del riesgo de cambio estimado en México MXN/USD, 2000-2010	86
Gráfica 4.4 Clasificación relativa del riesgo	87
Gráfica 4.5 Serie temporal del retorno del tipo de cambio MXN/EUR	91
Gráfica 4.6 Correlogramas del retorno MXN/EUR	91
Gráfica 4.7 Comportamiento del riesgo de cambio estimado en México, MXN/EUR 2000-2010	93

Sumario

Esta investigación se realizó con el objetivo de aportar evidencia cuantitativa sobre la aplicabilidad práctica actual de los derivados en México, especialmente de las opciones financieras, para la cobertura del riesgo proveniente del mantenimiento de posiciones abiertas en divisas.

La principal aportación del estudio es que a partir de una medición objetiva del riesgo de cambio en México entre 2000 y 2010 se identificaron escenarios específicos del mismo frente a los cuales, mediante un modelo de reacción, se proponen alternativas estratégicas de cobertura basadas en el uso de un amplio abanico de opciones financieras complejas sobre divisas.

Además se verificó la viabilidad de este modelo de selección estratégica de políticas de cobertura para ser extendido a la mitigación del riesgo identificado en la serie del tipo de cambio con respecto al euro.

La investigación se integra por siete capítulos: I, Marco teórico, donde se abordan las bases teóricas de los derivados financieros, su estudio y aplicación al mercado de divisas; II, Oportunidades de aplicación práctica, donde se describe el contexto reciente del riesgo de cambio en México como espacio potencial para la aplicación práctica de estrategias de cobertura; III, Herramientas financieras, que describe elementos teóricos para el diseño de estrategias complejas de cobertura con opciones sobre divisas enfatizando en los escenarios en los que cada alternativa es más ventajosa; IV, Aplicación práctica, donde, a partir de información histórica real, se realiza la simulación de una estructura compleja de cobertura vertical del riesgo de cambio tanto para el dólar como para el euro; V, Conclusiones y recomendaciones, donde se plasman los principales hallazgos y las posibles líneas para profundizar en la investigación sobre el tema. Los capítulos VI y VII incluyen la bibliografía y hemerografía así como los anexos de la investigación, respectivamente.

Introducción

En la actualidad, los flujos comerciales y financieros han adquirido una gran relevancia para el desempeño económico mundial. Ese intercambio ha favorecido a economías como la mexicana que continúan en búsqueda de un mayor aprovechamiento de sus ventajas comerciales.

Pero estas circunstancias también acarrear implicaciones en relación a la exposición de sus entidades económicas a la fluctuación de variables que pueden afectar su patrimonio como es claramente el caso del tipo de cambio.

México, en particular, cuenta con una amplia experiencia en términos de la afectación económica que puede resultar de episodios de alta volatilidad cambiaria. Incluso bajo el actual esquema de la política de cambios consistente en la libre flotación, se pueden distinguir en las cifras históricas recientes periodos de considerable volatilidad entre los que destacan los que ocurrieron de manera contemporánea a la crisis financiera internacional entre 2008 y 2010.

Es por esto que la administración del riesgo financiero cuya fuente se encuentra en las variaciones del tipo de cambio es tan importante. Porque afecta directamente a los activos y pasivos de las empresas ligadas al intercambio internacional.

En esta tesis se abordan los elementos más importantes para el desarrollo de estrategias de cobertura frente a esos riesgos a través de derivados especializados como las opciones financieras sobre divisas.

El tema es de particular interés para los profesionales porque les permitirá obtener una clara comprensión de la naturaleza del riesgo de cambio así como de ejemplos de las herramientas financieras a su alcance para mitigarlo durante escenarios bien definidos.

Metodológicamente representa también una contribución, sobre todo en el sentido de una medición transparente y objetiva del riesgo que permite su clasificación y aprovechamiento para la toma de decisiones.

Adicionalmente, a este trabajo se incorpora la expectativa de contribuir en el ámbito académico al proveer no sólo información detallada sobre el riesgo de cambio, sino además herramientas para su análisis y mitigación que resultarán del interés de los docentes y profesionales en formación.

a. Planteamiento del problema

Pese a su reciente creación, el mercado de futuros de divisas en México es el segundo en importancia después del que corresponde a los futuros de la TIIE a 28 días. En el 2006 operó un volumen de 663 mil millones de pesos preponderantemente en futuros del dólar estadounidense con 4,365 operaciones y para marzo de 2007 había rebasado en 62% el monto de operaciones del mercado de futuros del IPC. Sin embargo, su volumen hoy en día aún resulta muy inferior al que corresponde al mercado de los futuros de la tasa de interés ya que equivale sólo al 3 por ciento de este último. De forma similar, el uso práctico de instrumentos como las opciones financieras en el mercado de divisas es aún escaso en México pese a las oportunidades que existen para un mayor aprovechamiento de parte de entidades económicas con exposición al riesgo de cambio.

Esta investigación está dirigida a aportar información sobre la aplicabilidad y potencialidad de los derivados, con un amplio énfasis en las opciones financieras, sobre divisas (dólares y, potencialmente, euros) que puedan ser aprovechadas por los operadores financieros de las empresas mexicanas dentro de sus horizontes de planeación de mediano y largo plazos.

A pesar del reciente crecimiento del mercado de derivados de divisas en México y en el mundo, la literatura académica mexicana que aborda esta temática es relativamente limitada sobre todo la que integra la aplicación de técnicas econométricas para su análisis. Consecuentemente, este trabajo busca contribuir en ambos aspectos mediante un análisis eminentemente teórico-cuantitativo de la información a la luz del desarrollo teórico actual procurando mantener el imprescindible vínculo con la realidad económico-financiera mexicana.

De esta manera, la pregunta general a responder es:

¿Existe evidencia cuantitativa sobre la aplicabilidad práctica actual de los derivados, específicamente de las opciones financieras, en México para la cobertura del riesgo proveniente del mantenimiento de posiciones abiertas en divisas?

De donde se derivan las siguientes preguntas específicas de investigación para guiar el desarrollo de la presente:

1. ¿Cuál es la naturaleza del riesgo de cambio de divisas y cómo se han adaptado los derivados financieros a esta necesidad específica de cobertura?
2. ¿Cuáles son las principales consideraciones y recursos técnicos para el análisis del riesgo de cambio a través de herramientas de econometría financiera?
3. ¿Qué elementos constituyen el contexto reciente del riesgo de cambio en México? ¿Son las opciones financieras sobre divisas instrumentos aprovechados de manera suficiente en México?
4. ¿Cuáles son los elementos esenciales para la construcción de una estrategia de cobertura del riesgo de cambio a través de opciones financieras? ¿Cómo se identifican las oportunidades de aplicación de las estrategias frente a diferentes condiciones de riesgo en México?
5. ¿Este tipo de estrategias es potencialmente aplicable para cubrir el riesgo de cambio en México asociado variaciones en la cotización del euro?

b. Hipótesis

La hipótesis general de esta investigación es:

Sí existe evidencia cuantitativa sobre la aplicabilidad práctica actual de los derivados, especialmente de las opciones financieras, en México para la cobertura del riesgo proveniente del mantenimiento de posiciones abiertas en divisas. Por tanto esa información es susceptible de ser analizada, clasificada y aprovechada para el desarrollo de estrategias de cobertura a través de esos instrumentos financieros.

Misma que es complementada por las siguientes hipótesis específicas:

1. Los derivados financieros han evolucionado de manera suficiente de modo que hoy en día constituyen una alternativa viable para la cobertura del riesgo de cambio en México. En particular, las opciones financieras sobre divisas representan instrumentos especializados para permitir la mitigación de ese riesgo y ampliamente flexibles para hacer frente a diferentes escenarios del mismo.
2. Existe un conjunto definido de herramientas de econometría financiera, particularmente en la metodología *GARCH* (acrónimo para *generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*), útil para el análisis del riesgo de cambio dadas las características específicas que se encuentran en la

información real histórica (agrupamiento de varianza, cambio estructural, parámetros distribucionales variantes en el tiempo).

3. Existe una amplia ventana de oportunidad para el uso de opciones financieras sobre divisas en México revelada por su limitado uso actual y por los episodios de volatilidad registrados en la historia reciente del tipo de cambio.
4. Es posible construir estrategias complejas¹ basadas en opciones financieras para la cobertura del riesgo de cambio ante diferentes escenarios clasificados a partir de dos parámetros: a) la intensidad del riesgo y b) la tendencia en el tipo de cambio.
5. Pese a que hoy en día no están disponibles en el mercado organizado en México, las opciones financieras con subyacente en el euro pueden tener similar aplicabilidad para mitigar el riesgo de cambio en específico para entidades económicas expuestas.

c. Objetivos de investigación

c.1 Objetivo general

Aportar evidencia cuantitativa sobre la aplicabilidad práctica actual de los derivados en México, especialmente de las opciones financieras, para la cobertura del riesgo proveniente del mantenimiento de posiciones abiertas en divisas.

c.2 Objetivos específicos

1. Describir, desde el punto de vista teórico, diversas alternativas que demuestren el grado de especialización y flexibilidad de las opciones sobre divisas para su uso en estrategias complejas de cobertura enfatizando sobre la diversidad de condiciones en las que pueden generar beneficios a sus usuarios.
2. Revisar y aplicar metodologías de econometría financiera idóneas para el análisis del riesgo de cambio que den fundamento cuantitativo a las estrategias de cobertura de este estudio. Esto debe llevar a la obtención, por este medio, de una medición del riesgo a partir de información estadística real de las cotizaciones diarias del dólar de los Estados Unidos de América y del euro entre 2000 y 2010.

¹ Estrategias de cobertura que van más allá del uso de opciones *vanilla* o simples y que, consecuentemente, consisten en la combinación de dos o más opciones simples para obtener un efecto combinado final.

3. Describir los fundamentos del riesgo de cambio en México, su importancia en el contexto económico actual y el limitado uso que se registra de instrumentos especializados como las opciones financieras sobre divisas. Complementariamente, identificar, cuantificar y clasificar los escenarios del riesgo de cambio que se han presentado en la economía mexicana en la última década, mismos que constituyen oportunidades de aplicación para las opciones sobre divisas.
4. Desarrollar una estrategia, a través del uso de opciones financieras sobre divisas, que sea aplicable para la cobertura del riesgo de cambio en México tomando en cuenta las diferencias en los escenarios del mismo que históricamente se han registrado en el periodo de estudio.
5. Evaluar la viabilidad de extender la estrategia desarrollada en relación al uso de derivados financieros cuyo subyacente sea el euro.

Justificación

En México actualmente el uso de los instrumentos financieros denominados *derivados* está altamente concentrado en aquéllos que manejan como activo subyacente a la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) a 28 días. Ese nivel de concentración hace difícil una expansión ulterior para esa fracción del mercado de derivados.

Por otra parte, el mercado de derivados con subyacente asociado a divisas (p. ej. a cotizaciones del dólar estadounidense o del euro) presenta un espacio amplio de potencial crecimiento en una economía con empresas altamente relacionadas con la economía estadounidense a través de vínculos comerciales y de un intenso intercambio financiero.

Debe notarse que la economía mexicana es una de las de mayor apertura comercial en el mundo con múltiples tratados comerciales² entre los que indudablemente destacan el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y el Tratado de Libre Comercio México-Unión Europea. La región formada por los Estados Unidos y Canadá constituye, por mucho, el principal destino de las exportaciones mexicanas mientras, por su parte, la Unión Europea ocupó el segundo lugar si se suman las exportaciones entre 2000 y 2010.

La relevancia de la Unión Europea para México en términos comerciales es aún más clara si se distingue que entre 2000 y 2010 las importaciones provenientes de esa región fueron 24% superiores a las del tercer lugar (China) ubicándola como el segundo origen más importante de las importaciones mexicanas en el periodo.

² Según un recuento de la Cámara de Diputados, hasta 2008 existían 1,270 tratados de corte económico, de los cuales 11 eran tratados específicamente comerciales, mismos que se encuentran vigentes a la fecha del presente estudio.

En este contexto, si bien el dólar es la moneda de mayor relevancia para el intercambio comercial de México con el exterior, el euro emerge como una moneda importante en correspondencia con los evidentes esfuerzos de diversificación comercial pero además, por la alternativa internacional que esta moneda plantea como divisa “dura”.

Estas condiciones dan origen a una considerable exposición de las entidades económicas en México al riesgo proveniente de las fluctuaciones en la cotización de las divisas en las que se formalicen los contratos comerciales y financieros ya que no sólo pueden ser origen de pérdidas económicas inmediatas sino que además implica una fuente de ineficiencia (o costo oculto) para la economía mexicana en la medida que dificultan las tareas de planeación de presupuestos y programas de inversión en el mediano y largo plazos, por mencionar algunos ejemplos. Es por ello que resulta muy importante evaluar la aplicabilidad de los instrumentos derivados, como las opciones sobre divisas, como recursos que hoy en día se encuentran disponibles para la mitigación de este riesgo financiero en México.

A pesar de que sí se han registrado crecimientos en su volumen de operación, los derivados sobre divisas aún están muy atrás del liderazgo impuesto por los otros derivados como los futuros sobre tasas de interés. Por ello se espera contribuir, a partir de un esquema objetivo de análisis, a una mejor comprensión de las características y posibles aplicaciones de las estrategias de cobertura basadas en opciones financieras ya que se considera que con ella, tanto por parte de los responsables de las entidades económicas expuestas al riesgo de cambio así como de los profesionales que abordan el tema, se hará posible un mayor aprovechamiento de sus beneficios.

Adicionalmente, durante la revisión de literatura se encontró un número reducido de tesis de maestría que abordan este tema desde una perspectiva econométrica por lo que también en términos del análisis financiero académico existe un espacio importante para el desarrollo de investigaciones en la materia. El presente estudio busca ser una aportación original en esa dirección.

Tipo de investigación

Por la naturaleza de la materia de estudio que aquí se aborda, la presente es una investigación de tipo cuantitativo cuyos resultados emergen del análisis basado en metodologías estadísticas y econométricas aplicadas a información real de series temporales que reflejan y aprovechan indicadores sobre las variaciones en la cotización diaria del dólar de los Estados Unidos de América y del euro frente al peso mexicano, ambos entre 2000 y 2010.

Por el alcance del estudio, se trata de un trabajo descriptivo en el que se detallan las características de la problemática planteada (incluyendo la medición del

riesgo), un conjunto de alternativas para su atención así como las condiciones que influyen en la selección estratégica de herramientas para la mitigación del riesgo de cambio. Cuenta, por tanto, con todo el valor que ostentan las investigaciones de este tipo como se describe en Hernández, *et ál.* (2003, p. 117-133).

Por otra parte, de acuerdo a la definición de Hernández *et ál.* (2003, p. 267), esta es una investigación no experimental ya que no se realizan aplicaciones reales de las propuestas de cobertura. Para fines del análisis, se desarrollan simulaciones a partir de información histórica para determinar la respuesta de estrategia financiera que se recomendaría ante la ocurrencia de escenarios específicos siendo, por tanto, una investigación diacrónica o *longitudinal de tendencia* en términos de la clasificación de Hernández, *et ál.* (2003, p. 278-281).

Tratándose de una investigación cuantitativa, las principales líneas de elaboración de esta tesis se desarrollan con base en metodologías estadísticas y econométricas que retoman consideraciones descritas y aplicadas en estudios similares de la literatura científica internacional, algunos de ellos en específico al caso de México.

De esta manera, en el aspecto técnico, la principal metodología a utilizar es la del análisis *GARCH* (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), la cual constituye uno de los frentes más desarrollados en la actualidad del análisis cuantitativo financiero para el estudio de elementos trascendentales como el riesgo. Se trata de un esquema de análisis apropiado debido a las características intrínsecas que presentan las series de tiempo financieras y, particularmente, las de cotizaciones de tipos de cambio en México.

Otros recursos econométricos como los modelos auto-regresivos (*AR*), de medias móviles (*MA*), las pruebas de estacionariedad Aumentada de Dickey-Fuller (*ADF*), Phillips-Perron y KPSS, son aprovechados para el desarrollo de un análisis robusto de la información. Cabe señalar que todas ellas han sido descritas y aplicadas por los autores con la mayor inserción y trayectoria en el tema de los mercados derivados sobre divisas.

f. Breve contenido de la tesis

Partiendo de las bases metodológicas de la presente introducción, la tesis se divide en siete capítulos. En el Capítulo I se abordan los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la investigación, contextualizando el papel de las opciones financieras en el abanico de los derivados financieros orientados a la mitigación del riesgo de cambio.

Complementariamente se revisan estudios especializados y posturas técnicas sobre el valor futuro y el valor esperado del tipo de cambio desde el punto de vista internacional así como de la aplicación a México.

En el Capítulo II se describen el contexto histórico reciente del tipo de cambio, los canales que dan relevancia al riesgo de cambio y las respuestas institucional (en mercados organizados) y privada que se le han dado a través de instrumentos derivados en México.

Se aporta información estadística histórica de México así como del contexto internacional en el uso de derivados financieros.

El Capítulo III se dedica, desde un punto de vista teórico, a la exposición detallada de una gama de alternativas estratégicas para el uso de opciones financieras en contextos específicos de riesgo y expectativas en el mercado de divisas.

El Capítulo IV consolida la información de los tres anteriores para el desarrollo de una estrategia compleja de mitigación del riesgo de cambio a través de opciones financieras.

La medición del riesgo de cambio a través de metodologías apropiadas de econometría financiera permite la clasificación de escenarios de riesgo y, con ella, la identificación de oportunidades de aplicación de estrategias de cobertura adecuadas a cada uno.

En el Capítulo V se incluyen las conclusiones del estudio en el marco de sus hipótesis junto con las recomendaciones concisas que en cada aspecto se consideran relevantes.

El Capítulo VI muestra la bibliografía, hemerografía y fuentes estadísticas consultadas durante la investigación.

Finalmente el Capítulo VII incluye los anexos que aportan información complementaria a esta investigación.

I. Marco Teórico. Los derivados financieros, su estudio y aplicación al mercado de divisas

En este capítulo se abordan los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la investigación, contextualizando el papel de las opciones financieras en el abanico de los derivados financieros orientados a la mitigación del riesgo de cambio.

Complementariamente se revisan estudios especializados y posturas técnicas sobre el valor futuro y el valor esperado del tipo de cambio desde el punto de vista internacional así como de la aplicación a México.

A) Riesgo de cambio y los derivados financieros especializados

1.1 Definición y naturaleza del riesgo de cambio

El riesgo es una característica inherente a los mercados financieros a lo largo de su amplio espectro. La ocurrencia de sucesos inesperados, la frecuente omisión de variables relevantes en los modelos económico-financieros o el arribo de nueva información son todos ejemplos de factores que dificultan el establecimiento de un horizonte de planeación de mediano y largo plazos.

E. Soldevilla (1996, p. 344) nos proporciona con claridad la definición sobre dos vertientes del riesgo relevantes para el presente estudio:

1. Riesgo de divisas. Posibilidad de ganar o perder a causa de la fluctuación de los tipos de cambio de las divisas.
2. Riesgo de cambio. Quebranto posible causado por una posición abierta (no cubierta) cuando el tipo de cambio de la divisa sube o baja.

Una posición abierta en relación a una divisa consiste en mantener activos o pasivos denominados en dicha moneda extranjera, de modo que las variaciones en el valor de la misma (expresadas en el tipo de cambio correspondiente) tienen repercusiones en el patrimonio y los recursos de la entidad económica.

De acuerdo a su naturaleza, las posiciones se clasifican en *largas* o *cortas*, en el primer caso la entidad cuenta con activos o derechos que están valuados en la moneda extranjera mientras que en el segundo lo que se tiene son pasivos u obligaciones pendientes de ser solventadas. Por ello, una depreciación de la moneda local frente a la extranjera implica de manera instantánea un deterioro del patrimonio para las entidades con posiciones cortas en tanto que, por el contrario, beneficia a aquéllas que mantengan posiciones largas.

Como respuesta institucional a la presencia de estos riesgos, los mercados de derivados proveen herramientas de cobertura que permiten la coincidencia de intereses entre agentes económicos y la realización de transacciones involucrando diferentes periodos de tiempo. Adicionalmente, se realizan contratos directamente entre agentes que responden a necesidades particulares de cobertura.

Nuevamente recurriendo a Soldevilla, tenemos que cobertura (*hedge*, en inglés) se define como:

“... el proceso de proteger una posición abierta contra el riesgo del movimiento adverso en la tasa de cambio o en el tipo de interés. Estrategia usada para compensar el riesgo. Una cobertura perfecta es aquella que elimina la posibilidad de un beneficio/pérdida en una posición.”³

1.2 Contratos de futuros

Los contratos de *futuros* se definen como un compromiso entre individuos con personalidad jurídica para comprar o vender un activo (subyacente) en una fecha futura a un precio establecido de antemano.

Su definición detallada es:

“Contrato estandarizado en plazo, monto, cantidad y calidad, entre otros, para comprar o vender un activo subyacente, a un cierto precio, cuya liquidación se realizará en una fecha futura...”⁴

Se negocian en mercados formalmente establecidos y se sujetan a supervisión, vigilancia y regulación prudencial en materia de su operación por parte de entidades complementarias propias (cámara de compensación, contralor normativo y comités) así como gubernamentales (Secretaría de Hacienda y Crédito Público y Comisión Nacional Bancaria y de Valores, principalmente, en el caso de México).

Cuatro características son importantes en la definición de los contratos de futuros⁵:

1. su estandarización,
2. su negociación en mercados organizados,
3. la intervención de una Cámara de Compensación y

³ Soldevilla, op. cit., p. 341.

⁴ Mercado Mexicano de Derivados. Glosario. Sitio de Internet <http://www.mexder.com.mx/MEX/Glosario.html#>, acceso el 09/09/10.

⁵ Adaptado de Soldevilla, E. op. cit. p. 21.

4. la aplicación de márgenes inicial y de mantenimiento

En el caso de los futuros con divisas se dejan a un lado las definiciones exhaustivas sobre la calidad y características de los bienes subyacentes⁶ ya que se limitan a la entrega de divisas específicas cuya calidad no varía. Los precios en estos mercados generalmente se expresan en unidades de dólar de los Estados Unidos por unidad de la divisa extranjera.

Como todos los contratos, los de futuros tienen un periodo vital que marca los plazos para el cumplimiento de obligaciones y la exigencia de derechos entre las partes, sin embargo la organización de los mercados de futuros ha permitido la creación de mercados secundarios a través de los cuales se posibilitan las negociaciones de los contratos a lo largo de su periodo de vigencia. No es poco común que los contratantes cierren sus posiciones en una fecha previa a la finalización de la vida de un contrato de futuros.

La organización de las bolsas y la operación de los *brokers* implica que los participantes pueden nunca llegar a conocerse. Por su parte, la Cámara de Compensación es un intermediario que no afecta los parámetros de los contratos (siendo neutral en este sentido) y que se limita a facilitar el traslado de la propiedad de las divisas así como al cobro y pago de los importes correspondientes a cada parte de las transacciones.

En cuanto a los márgenes, se trata de depósitos que, por una parte, son calculados con referencia al valor de los contratos haciéndose efectivos al comienzo de los mismos mientras que, por otra, se calculan de acuerdo a la valoración diaria de los contratos de manera que propician su *mantenimiento*.

El valor de un contrato de futuros puede calcularse multiplicando el valor nominal del contrato por la cotización vigente del futuro y por el número de contratos. Al final de la vida del contrato, para la entrega y liquidación se reemplaza el precio de cotización por el precio de liquidación.

1.3 Estrategias de cobertura con futuros

El riesgo asociado a las variaciones nominales en los mercados financieros es un incentivo para que a través de instrumentos como los futuros se busque su eliminación o, en términos prácticos, su máxima reducción posible. A esta práctica se le conoce como *cobertura (hedge) del riesgo*.

⁶ Estas definiciones pueden llegar a ser bastante detalladas y técnicas cuando los contratos de futuros involucran otro tipo de mercancías. Sirva de ejemplo el citado en Hull (2002), p. 20 sobre el jugo de naranja: "Calidad US Grade A, con un contenido de azúcar (*Brix value*) no inferior a 57 grados, con ratio de azúcar/acidez (*Brix value to acid ratio*) no inferior a 13 y no superior a 19, con factores de color y sabor de 37 puntos o más cada uno, con una puntuación mínima (*minimum score*) de 94".

Existe una clasificación de las coberturas basada en la posición que adoptan los agentes de acuerdo a la cual éstas pueden ser *coberturas cortas* o *coberturas largas*. Las primeras se distinguen por el hecho de que el coberturista ya cuenta con un activo respecto de cuyas variaciones de precio busca protegerse dado que desea venderlo en una fecha posterior. También son coberturas cortas las que se adoptan ante la expectativa de propiedad de un activo.

En el mercado cambiario un agente importador con un cierto monto de dólares en su portafolio (aunque físicamente estén representados por su equivalente en otra moneda) deseará cubrirse contra el riesgo que implican las variaciones en el tipo de cambio a través de un contrato de futuros que le permita determinar con antelación el tipo con el que realizará la transacción de venta de dólares.

Por otro lado, una cobertura larga consiste en el contrato que se realiza para pactar por adelantado el precio a pagar por un activo que no se posee pero se sabe que será adquirido en el futuro. Se trata de una posición que provee de una alternativa frente a otros posibles costos financieros (por la solicitud de créditos, por ejemplo) o costos de almacenamiento (al precipitar la compra a un periodo de tiempo sub-óptimo en relación a los calendarios operativos).

En la práctica, al combinarse ambas posiciones pueden formar una compleja estructura de compensación y neutralización del riesgo (como las *opciones sintéticas* que se verán más adelante). También es posible establecer una cadena de posiciones de cobertura en el tiempo (*rolling the hedge forward*) de manera que se enlacen varias posiciones para hacer coincidir los vencimientos de las coberturas y las fechas de entrega expresadas en los contratos.

Estas prácticas, consistentes en la mitigación del riesgo proveniente de variaciones en el tipo de cambio a través de instrumentos derivados, constituyen estrategias de cobertura cuya diversidad y flexibilidad en el diseño permiten encontrar soluciones eficientes a intereses particulares de empresas e instituciones.

1.4 Contratos *forward*

Los contratos a plazo o *forward* presentan una diferencia institucional en el sentido de que no concurren en mercados concentradores sino que se intercambian en mercados especializados y, por ende, segmentados de manera que sus características responden más a la configuración de un acuerdo civil. En realidad las condiciones de los contratos son definidas con base en la conveniencia particular de compradores y vendedores. Esta configuración, a su vez, propicia una mayor dispersión en los parámetros entre diferentes contratos.

Similarmente, su definición a detalle es:

“El realizado por dos partes que acuerdan comprar o vender un artículo específico en una fecha futura. Difiere de un futuro en que es contratado directamente entre las partes, sin intervención de una cámara de compensación y sólo puede realizarse hasta su vencimiento.”⁷

Cabe señalar que, en su calidad de contrato, se trata de una obligación incondicional a la que quedan sujetas las partes, no obstante han surgido instrumentos paralelos como las *opciones* que modifican esta obligatoriedad. Los plazos de los contratos *forward* con divisas varían entre 3, 30, 90, 180 y 362 días y como ya se ha mencionado el periodo de liquidación es el mismo que el de maduración del contrato, lo que hace mayor el riesgo de variaciones en los tipos de cambio en tanto el plazo de maduración sea más distante en el tiempo. En México, una vez alcanzada la fecha de liquidación ésta se efectúa en pesos en apego a la Ley Monetaria, es decir, no se da la entrega física del subyacente.

Al igual que en los futuros, un participante en este tipo de contratos que asume el compromiso de adquirir el activo subyacente adopta una *posición larga*, a la que corresponde una *posición corta* en la que su contraparte se compromete a vender dicho activo.

Las operaciones *forward* se llevan a cabo principalmente a través de instituciones bancarias y se han caracterizado por los altos montos que pueden alcanzar, circunstancia que constituye una barrera a la entrada de nuevos agentes en estos mercados. De manera similar, la no estandarización de contratos implica que el riesgo inherente a un contrato a plazo es característico de los términos de cada convenio por lo que se asemeja a un riesgo crediticio que exige que los participantes cuenten con un alto grado de solvencia económica.

Entre los mercados de mayor recurrencia a instrumentos de cobertura como los *futuros* y *forwards* se encuentran los de divisas debido a que históricamente⁸ han sido unos de los que han sufrido de repentinas y considerables variaciones con igualmente importantes efectos sobre el desarrollo de proyectos de diversa índole (privada, gubernamental e incluso especulativa).

A nivel internacional los efectos de las repentinas variaciones cambiarias han evidenciado el grado de interrelación económico-financiera que se ha alcanzado en el mundo. Durante los últimos veinte años se presentaron varias crisis o *efectos* con importantes repercusiones internacionales donde los tipos de cambio sufrieron impactos de consideración, entre ellos el *Tequila* (México, 1994), *Dragón* (sur-este asiático, 1998), *Vodka* (Rusia, 1999) o *Zamba* (Brasil, 1999), la crisis argentina

⁷ MexDer, *Ibíd.*

⁸ Con un hito histórico en la ruptura del patrón oro que se había seguido después de la Segunda Guerra Mundial al revocarse la convertibilidad oro-dólar en 1971.

1999-2002⁹ o, más recientemente, con un desproporcionado flujo de recursos financieros hacia inversiones denominadas en divisas duras como el dólar estadounidense, el yen japonés o el franco suizo (principalmente a partir de octubre de 2008) causando inestabilidad financiera en economías con una elevada exposición a esos recursos.

En este marco, los contratos de futuros y a plazo sobre divisas se realizan principalmente con aquellas que históricamente han mostrado mayor estabilidad así como con las que tienen una importante intervención en las transacciones comerciales y financieras internacionales como el dólar de los Estados Unidos así como el canadiense y el australiano, el euro, el yen japonés o la libra esterlina¹⁰.

Los agentes participantes en estos mercados se clasifican por su motivación en:

- 1) Coberturistas: aquéllos cuya principal motivación es reducir el nivel de riesgo originado por fluctuaciones propias de mercados variables. Los agentes que comúnmente buscan mecanismos de cobertura son los detallistas, empresas, fondos de pensiones, exportadores, bancos de inversión o bancos hipotecarios.
- 2) Especuladores: los especuladores son tomadores de posiciones acordes a sus propias perspectivas sobre los mercados en que participan en busca de obtener una recompensa económica como producto de su *apuesta*. Específicamente, en los mercados de divisas la tarea de los especuladores, como lo señala E. Soldevilla: “está en detectar una situación vulnerable de una divisa que exija un ajuste al tipo de cambio”¹¹.
- 3) Arbitrajistas: son agentes que buscan aprovechar en su beneficio diferencias de precios entre dos o más mercados.

1.5 Contexto del origen de las opciones sobre divisas

El contexto financiero ha evolucionado de manera acelerada en las últimas décadas. Como resultado de este desarrollo hoy en día existen alternativas adicionales de cobertura encaminadas a mitigar los riesgos inherentes a los mercados de divisas. Los instrumentos para la administración del riesgo del tipo de cambio tienen por propósito diseminar dicho riesgo entre agentes, bancos y

⁹ Nótese el contraste en el perfil de estas economías cuando se les compara con las involucradas en eventos previos como los acuerdos de Plaza en 1985 sobre el precio del dólar estadounidense entre Francia, Alemania Occidental, Japón, los Estados Unidos y el Reino Unido y el acuerdo de Louvre de 1987 firmado por Francia, Alemania Occidental, Japón, Canadá, los Estados Unidos y el Reino Unido.

¹⁰ Hay que precisar que los contratos con divisas expresan sus precios como unidades de la divisa en cuestión en relación al dólar estadounidense excepto en el caso de los que involucran libras esterlinas.

¹¹ Soldevilla, op. cit. p. 29.

otras instituciones financieras y, por ese medio, minimizar los efectos agregados de la incertidumbre en los mercados asociados.

Sin embargo, a pesar de la existencia de esta diversidad de instrumentos, las empresas aún reportan pérdidas asociadas a variaciones en los tipos de cambio lo cual conduce a concluir que la inserción de estos instrumentos en México aún no es suficiente:

“Industria de autopartes en México enfrenta pérdidas de 3.0%. Las pérdidas son atribuidas a las variaciones en el tipo de cambio y aunque la paridad del peso frente al dólar no se ha visto reflejada en el costo final, sí se ha visto en utilidades.”¹²

En ese entorno se han desarrollado las opciones financieras sobre divisas complementando un abanico de instrumentos para la cobertura del riesgo de cambio.

Una opción sobre divisas se define como:

Un contrato para intercambiar un monto determinado de una moneda por otra a un tipo de cambio convenido en una fecha futura. En este contrato el comprador tiene el derecho, pero no la obligación de intercambiar la moneda en la fecha establecida.

1.6 Mercados organizados de opciones sobre divisas

Las opciones sobre divisas se han convertido en instrumentos importantes a partir de los años ochenta y, pese a que se han desarrollado en un número considerable de bolsas en todo el mundo, dos mercados destacan por su volumen de transacciones: Filadelfia y Chicago.

En el *Philadelphia Options Exchange (PHLX)* se negocian opciones sobre divisas de tipo americano o europeo. De manera predominante se cotizan los tipos de cambio del dólar frente al euro, la libra esterlina, el dólar canadiense, el yen o el franco suizo.

Es importante destacar la participación de los usuarios extranjeros en la bolsa de Filadelfia, donde un tercio de las opciones corresponde solamente a clientes franceses y paulatinamente se han incorporado opciones cruzadas (entre divisas distintas al dólar americano).

¹² Publicado en periódico La Jornada, México, Distrito Federal, 17/06/2012 con información de Notimex, Agencia de Noticias del Estado Mexicano.

La tendencia a la particularización de los contratos de opciones llevó a la creación del servicio *UCOM* (*United Currency Options Market*) a través del cual los usuarios pueden obtener contratos de opciones sobre divisas hechos a la medida con la ventaja de contar con la garantía de una cámara de compensación especializada (*The Options Clearing Corporation, OCC*) cuya calificación asignada por Standard and Poor's es AAA (sin riesgo crediticio de consideración)¹³.

Por su parte, el *Chicago Mercantile Exchange* funge como escenario para el intercambio de opciones de divisas sobre contratos a plazo (donde el subyacente es la cotización a plazo de la divisa, principalmente en términos de euros, yenes, dólares canadienses, libras esterlinas y francos suizos).

Existen otros mercados como el *MATIF*, la Bolsa Francesa de Derivados en París, donde se negocian opciones sobre tipos de cambio del dólar estadounidense que representan una alternativa para la repatriación de recursos que se negocian en el mercado de Filadelfia. Los contratos son principalmente de tipo europeo.

Es importante puntualizar que, de acuerdo a la regulación emitida por el Banco de México¹⁴, se consideran como mercados reconocidos para la realización de operaciones con instrumentos derivados al Chicago Mercantile Exchange, Chicago Board Options Exchange y Mid America Commodity Exchange que forma parte del Chicago Board of Trade, ubicados en la ciudad de Chicago, al MexDer (Mercado Mexicano de Derivados, S.A. de C.V.), ubicado en la Ciudad de México, y al Commodity Exchange Incorporated, en Nueva York. Sin embargo, para las operaciones con futuros u opciones cuyo subyacente sean divisas:

“Las casas de bolsa...” “...podrán llevar a cabo en Mercados Reconocidos o extrabursátiles, según sea el caso, Operaciones a Futuro, de Opción o de Swap”¹⁵

Más tarde, mediante la Circular 4-2006 del Banco de México, se eliminó esta ambigüedad, definiendo como el conjunto de mercados autorizados para estas operaciones al MexDer “así como a cualquier otro mercado establecido en países que pertenecen al Comité Técnico de la Organización Internacional de Comisiones de Valores” (*IOSCO*, por sus siglas en inglés).

1.7 Mercados de común acuerdo (*OTC*)

Los mercados *over-the-counter* (*OTC*) o de común acuerdo representan la mayor parte de las opciones sobre divisas ya que bajo esa configuración se encuentran ventajas importantes como:

¹³ Siendo la primera cámara de compensación en obtener dicha calificación, misma que ha mantenido desde 1993. Fuente OCC, Nota de prensa 03-16. Marzo, 2011.

¹⁴ Específicamente en referencia a la disposición M.52 y a la Circular 10-266.

¹⁵ Banco de México, Circular 10-266, p. 6.

- a) Flexibilidad de contratos, que se ajustan a las necesidades específicas de los usuarios en relación a montos, vencimientos o precios de ejercicio.
- b) Duración superior a la que se encuentra en los mercados organizados.
- c) La sofisticación de las alternativas disponibles (con innovaciones como opciones de tipo asiático o las opciones sobre opciones).
- d) Gran diversidad de los participantes que hace más atractiva la participación en términos de diversificación.

Por otra parte, las opciones en los mercados de común acuerdo no cuentan con la misma transparencia en relación a sus precios que las opciones de los mercados organizados (estandarizadas) elevando, con ello, el riesgo de incumplimiento. Adicionalmente la ausencia de una cámara de compensación aumenta también la incertidumbre sobre los resultados finales de las operaciones y obliga a ejercer una mayor selectividad de los clientes y contrapartes para la celebración de acuerdos.

1.8 Motivación en el uso de derivados

Las demandas corporativas y de los intermediarios financieros son satisfechas a través de mercados donde se intercambian opciones bajo las configuraciones Europea y Americana, esto es, por su posibilidad de ejercicio, las opciones se clasifican en dos tipos:

- a) Americanas, que pueden ser ejercidas en cualquier día hábil hasta su fecha de vencimiento, y
- b) Europeas, que sólo se pueden ejercer a su fecha de vencimiento

Las opciones sobre divisas tienen ventajas importantes si se les compara con contratos a plazo, por ejemplo, debido a su función de cobertura o seguro frente a variaciones inesperadas en los mercados cambiarios¹⁶ y la comparativa flexibilidad que permite su diseño en términos de precio de ejercicio y vencimiento.

Esta flexibilidad de diseño no repercute en una mayor complejidad de estos instrumentos, las alternativas de uso son claras para las partes de acuerdo a sus necesidades:

¹⁶ Hoy en día las repercusiones entre los diferentes mercados financieros son tan amplias que el mercado del dólar, por ejemplo, no puede abstraerse de las variaciones en el mercado del euro o el yen.

Cuadro 1.1 Uso de las opciones de acuerdo a las necesidades de cobertura en tipos de cambio

Condición en divisas	Posición	Tipo de Opción	Expectativa
Futuro excedente	Larga	Opciones de venta	Apreciación
Futura necesidad		Opciones de compra	Depreciación

Sin embargo, al utilizar opciones como estrategias de cobertura se incurre en el costo que representa la prima de contrato o de entrada. Esta prima debe ser ponderada frente a la probabilidad de ocurrencia de un escenario de variación no esperada en los mercados cambiarios.

El uso de los instrumentos derivados es relativamente reciente en los países latinoamericanos, donde su principal motivo de recurrencia es la cobertura de los riesgos cambiarios que deriva de episodios de considerable inestabilidad en los tipos de cambio y de estructuras económicas donde el comercio internacional es pieza fundamental de su estrategia de desarrollo.

Las experiencias en este ámbito van desde la brasileña, por un lado, como la pionera en el uso de derivados, hasta la mexicana, por el otro, que es la de más reciente creación.

El ámbito financiero no ha escapado a los efectos cada vez más acentuados de la globalización económica y, en ese sentido, se ve también inmerso en una serie de interacciones estratégicas que forman una intrincada red de objetivos de los agentes y las acciones asociadas. Adicionalmente a los objetivos de los agentes participantes arriba descritos, se puede mencionar el contraste entre los objetivos de los agentes involucrados en el comercio internacional:

- a) Los importadores (no cubiertos) experimentan el deterioro de su capacidad de compra durante episodios de depreciación de la moneda local, efecto que además transmiten al resto de sus economías a través de su repercusión inflacionaria. Su fuente de riesgo se encuentra en la ocurrencia de eventos no esperados de depreciación cambiaria.
- b) Los exportadores (no cubiertos), por su parte, encuentran favorables estos periodos de depreciación en tanto los rezagos en el ajuste interno de los precios conduce a un *abaratamiento* de sus productos. Su fuente de riesgo es, así, la ocurrencia de eventos no esperados de apreciación cambiaria

Las fuentes de riesgo para cada uno de estos sectores apuntan a direcciones distintas de las variaciones en el tipo de cambio por lo que la conciliación de intereses, en términos agregados, podría reducirse a la diferencia de fuerzas que cada uno tiene en la economía. Por su parte, alternativas como la dolarización de las economías resultan poco adecuadas si se consideran los efectos de la pérdida de control monetario en economías que suelen presentar características

estructurales distintas a las de la economía emisora de dólares y, con ello, sufren la desalineación de objetivos en la política monetaria que finalmente puede resultar en efectos adversos al desempeño económico¹⁷.

En este contexto, la compensación de riesgos a través de su combinación (*hedging*) aparece como un posible medio para generar intereses mutuos. Para ello resulta crítico el papel de los instrumentos financieros para la cobertura de riesgos atendiendo a su función de redistribuidores de los desequilibrios en términos de riesgo.

Las opciones y, en particular las opciones sobre tipos de cambio representan uno de los eslabones más recientes en la cadena evolutiva de los derivados financieros¹⁸. Las primeras opciones involucraban el intercambio físico de las divisas, sin embargo, posteriormente evolucionaron en opciones sobre el valor futuro de las mismas.

Derivado de un auge en el uso de opciones sobre tipos de cambio por parte de empresas multinacionales y comerciantes importantes se amplió el mercado de estos instrumentos al grado que incluso eventualmente los bancos se vieron impulsados a proveerlos.

El comprador de estas opciones paga al vendedor una cuota o *premio* por la adquisición del derecho. Este *premio*, pese a su discreta definición, resulta de gran relevancia en el desarrollo de los mercados de opciones de tipos de cambio ya que representa la máxima pérdida a que está expuesto el comprador (misma que se realiza en caso de no ejercer la opción adquirida) y es, por tanto, un límite a los costos de la incertidumbre cambiaria.

El tipo de cambio convenido se denomina en el lenguaje de las opciones *precio de ejercicio (strike price)*.

Las opciones sobre tipos de cambio difieren de los forwards en divisas en elementos básicos como los que se describen en el Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2 Diferencias entre opciones y forwards en divisas*

Opciones	Forwards
Acuerdo entre comprador y vendedor (posiblemente un banco o compraventa en bolsa).	Acuerdo entre banco y cliente.

¹⁷ Ver Mata Flores, E. (2005).

¹⁸ Su origen se identifica con la primera emisión de opciones sobre el tipo de cambio entre la libra esterlina y el dólar en el Philadelphia Stock Market en diciembre de 1982. En 1985 se estableció un mercado específico en para opciones de tipos de cambio, el London Interbank Currency Options Market (LICOM) cuyos términos y condiciones se convirtieron en el estándar para los contratos de este tipo.

Derecho opcional de compra futura de divisas.	Contrato en firme para la compra futura de divisas.
Tipo de cambio preestablecido.	Tipo de cambio spot + descuento o – premio.
Adquisición mediante pago de prima al vendedor.	Sin prima, el beneficio bancario surge de diferencial de intermediación.
Requiere notificación previa del ejercicio.	Ambas partes deben cumplir el contrato <i>forward</i> .

*Adaptado de Costa (1995, Cap. 7, p.194-195).

En el universo de las opciones, las que se refieren al tipo de cambio son únicas dado que ambos lados del intercambio consisten en formas de dinero.

Los motivos principales para recurrir a este tipo de opciones son:

1. La cobertura de riesgo cambiario, como recurso ante la incertidumbre en los mercados cambiarios (motivo primordial).
2. La especulación, al usar recursos excedentes para aprovechar fluctuaciones cambiarias esperadas.
3. Como alternativa de cobertura ante restricciones crediticias, ya que a diferencia de los *forwards* no se asocia al uso de líneas de crédito. La cobertura con opciones sobre tipos de cambio constituye un tipo de *deuda sintética*.
4. Como estrategia corporativa, cuando las tesorerías proveen de servicios bancarios a un grupo empresarial se puede utilizar la venta de opciones a empresas subsidiarias así como para proteger los flujos de caja.

El uso de opciones sobre tipos de cambio tiene también un importante significado para las economías desde un punto de vista agregado ya que representa una alternativa accesible de fondeo para las empresas que puede ser muy relevante en el contexto de restricciones crediticias nacionales e internacionales. A nivel nacional, el uso de opciones sobre tipos de cambio contribuye al fomento de la inversión al proporcionar una herramienta para la reducción de la incertidumbre.

Existe también un componente asociado a la calidad de la administración empresarial, cada vez más sujeta al monitoreo y evaluación especializada, los cuales propician una mayor recurrencia a instrumentos de cobertura del riesgo de cambio.

Las opciones sobre divisas se clasifican por su modalidad de adquisición en:

1. Opciones *over-the-counter* (OTC), cuando son un producto a la medida surgido de la negociación entre un cliente y un banco con el pago de una

prima. Una vez que se ha adquirido una opción OTC sus términos son invariantes y el comprador no puede venderla a un tercero.

2. Opciones negociadas (*traded options*), si surgen de un mercado de opciones y pueden ser intercambiadas en fechas previas a su fecha de vencimiento. Presentan características más homogéneas que las opciones OTC y suelen limitarse a monedas *duras*. Los principales mercados de opciones sobre tipos de cambio están en Filadelfia, Ámsterdam, Montreal y Sydney. En el mercado de Filadelfia se han desarrollado innovaciones especializadas como el *United Currency Options Market (UCOM)* que busca ofrecer mayor flexibilidad respecto de las necesidades de transacciones sobre divisas manteniendo la fortaleza de los mercados tradicionales de opciones, en él se negocia a viva voz y cuenta con un mercado secundario

Los contratos de opciones sobre divisas deben contener los siguientes elementos esenciales:

- a) Moneda subyacente.
- b) La expresión del derecho de compra o venta de la moneda subyacente.
- c) El monto a intercambiar.
- d) El precio de ejercicio (tipo de cambio).
- e) La fecha de vencimiento.
- f) La posibilidad de ejercer la opción a su vencimiento (opción europea) o en una fecha previa (opción americana).
- g) Prima a cargo del comprador.

Al igual que las demás opciones financieras, existen opciones sobre divisas *call* (opción de compra) o *put* (opción de venta) por un monto determinado de divisas en una fecha específica. Por ejemplo, al vender una opción *call* el subscriptor se compromete a vender divisas al comprador a un tipo de cambio convenido en tanto que un vendedor de una opción *put* se compromete a adquirir la divisa al comprador de la opción, ambos tipos de compromiso sólo se materializan si se ejercen las opciones correspondientes.

Cuadro 1.3 Posiciones de opciones por función

	Obligación de	Derecho a
Comprar divisa	<i>Short put</i>	<i>Long call</i>
Vender divisa	<i>Short call</i>	<i>Long put</i>

Dada la reciprocidad de divisas en los tipos de cambio una opción de compra de dólares es implícitamente una opción de venta de pesos ya que el pago al ejercer la opción se da en el equivalente de la moneda opuesta:

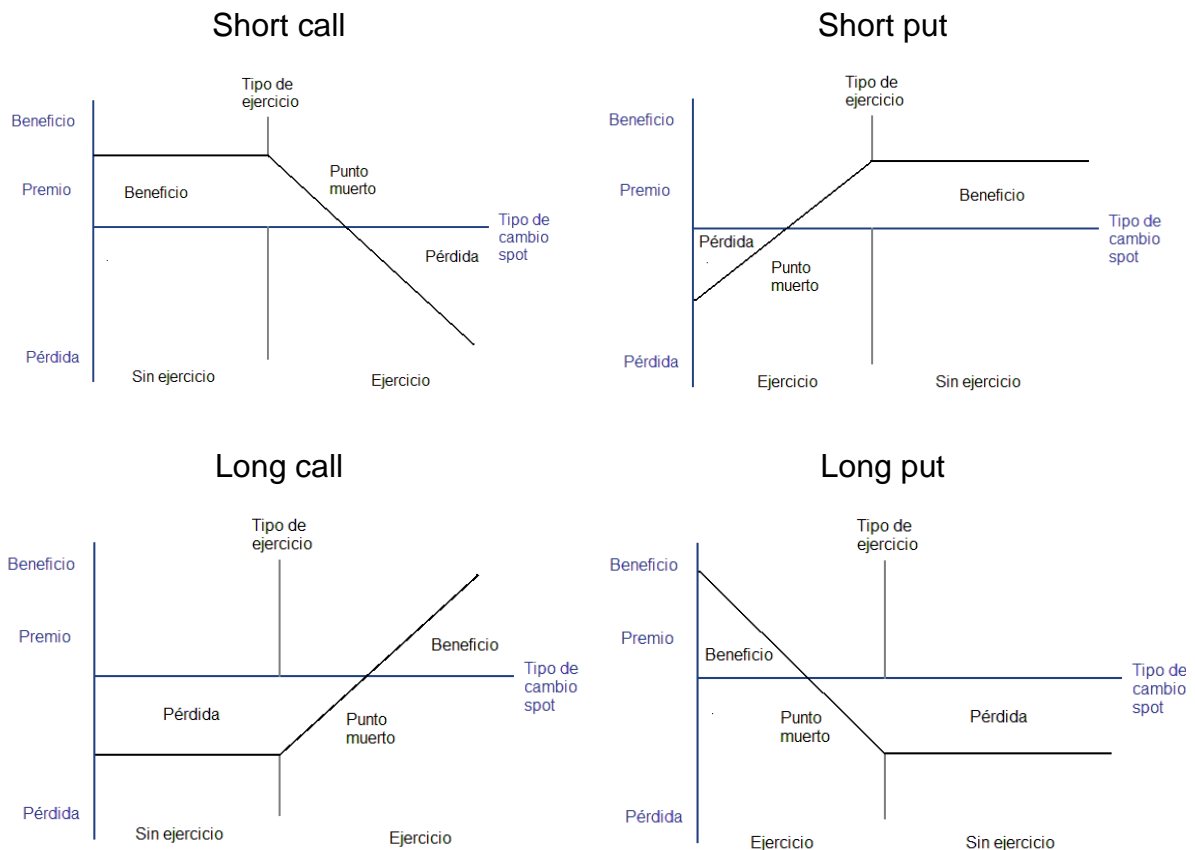
Cuadro 1.4 Intercambio de monedas por tipo de opción

Tipo de opción	Compra	Venta
Call	Dólares	Pesos
Put	Pesos	Dólares

Una posición corta en una de las monedas representa al mismo tiempo una posición larga en la otra.

Los diagramas de ingresos para opciones de compra o de venta se muestran en la Gráfica 1.1.

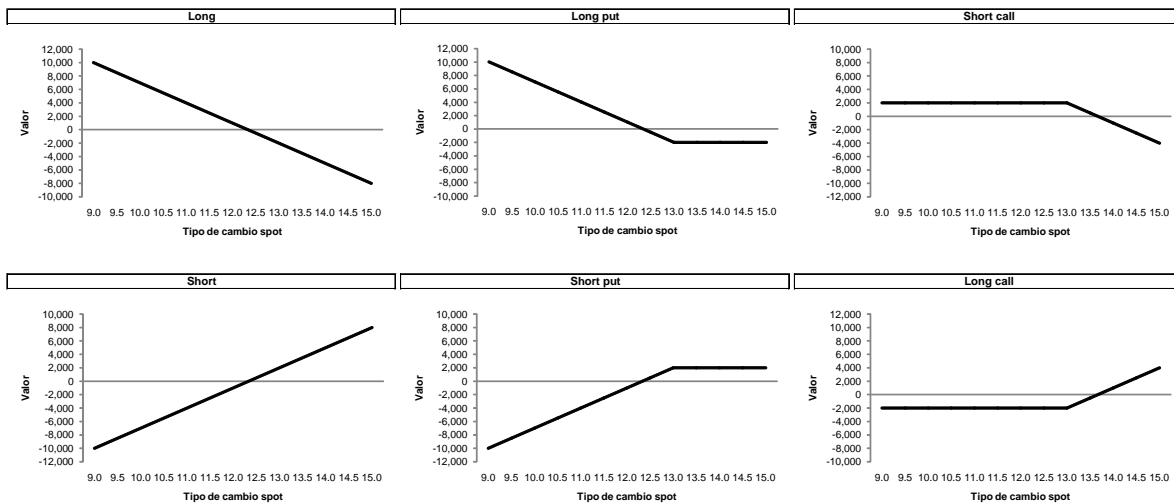
Gráfica 1.1 Posibles pérdidas o beneficios a través del uso de opciones sobre tipos de cambio



Los diagramas de pagos para estas opciones tienen la forma de *bastón de hockey* y muestran el potencial de ganancias o pérdidas de cada estrategia, describiendo así los beneficios en su uso, sobre todo en comparación con posiciones sin cobertura (ver Gráfica 1.2).

Adicionalmente, el premio representa el precio de la opción para fines de su intercambio mientras que el valor nominal es el monto de la divisa a ser intercambiada. Las opciones americanas pueden ser intercambiadas en cualquier día previo a su fecha de vencimiento lo cual reflejaría posibles diferencias entre el precio de la opción y las expectativas en el mercado de divisas correspondiente.

Gráfica 1.2 Comparativo del valor de las posiciones y coberturas con opciones



A su vez, el precio de ejercicio puede estar por debajo o por arriba del tipo de cambio *spot*, clasificando a las opciones en:

In the Money (ITM), cuando el comprador encuentra más ventajoso el tipo de cambio de la opción que el vigente en el mercado en efectivo.

Out of the Money (OTM), si el tipo de cambio acordado no es más atractivo que el tipo de cambio de mercado.

At the Money spot (ATM o ATMS), cuando el precio de ejercicio es igual al tipo de cambio *spot*.

At the Money Forward (ATMF) cuando el precio de ejercicio es igual al tipo de cambio forward.

1.9 Valor intrínseco y valor en el tiempo de las opciones sobre divisas.

El premio de las opciones guarda una relación directa con la probabilidad de que éstas sean ejercidas.

A su vez, el premio se compone por:

- a) Valor intrínseco, definido como la diferencia entre el precio de ejercicio y el tipo de cambio *spot* en cada momento de su vigencia, y
- b) Valor temporal, que es el conjunto de elementos que contribuyen a incrementar la probabilidad de ejercicio futuro y no inmediato de una opción (obviamente con el límite de su fecha de expiración).

La probabilidad de ejercicio de una opción de tipos de cambio varía en función de cuatro elementos fundamentales:

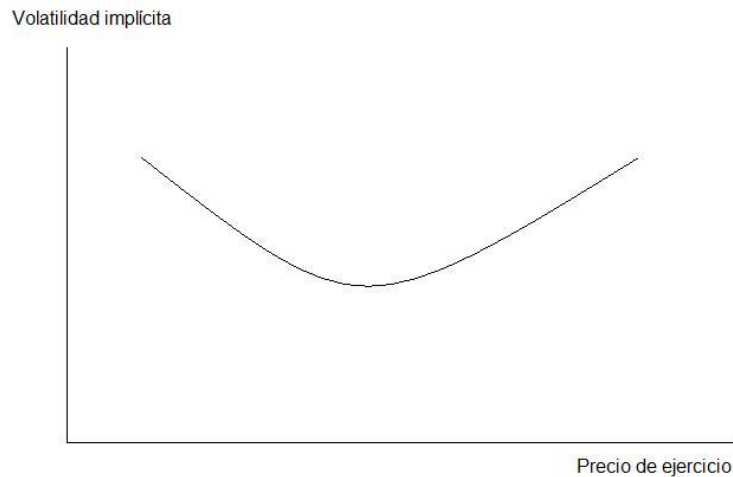
1. El periodo a transcurrir hasta el vencimiento de la opción, dado que la incertidumbre sobre variaciones en los mercados cambiarios es más alta en tanto más distante en el tiempo sea una transacción. Costa (1995, p. 209) estima que el 60% del valor temporal se pierde en solo 30% del periodo vital de una opción.
2. El tipo de cambio forward, ya que un contrato basado en este tipo de cambio es un competidor directo de las opciones sobre tipos de cambio.
3. La volatilidad en los tipos de cambio, de manera que a mayor volatilidad cambiaria el premio de una opción será mayor.
4. La tasa de interés doméstica, ya que al adquirir una opción el comprador se obliga al pago de un interés aplicado al premio de la opción como depósito en el plazo convenido para la opción.

La cotización de las opciones de divisas, κ , se calcula con base en los montos comprometidos para el intercambio d_A y el precio convenido, π .

$$\kappa = d_A \times \pi \quad (1.1)$$

La expresión gráfica de la volatilidad implícita de las opciones sobre tipos de cambio asociada al precio de ejercicio de la misma se conoce como *curva* (o *sonrisa*) de volatilidad cuyo ejemplo se muestra en la Gráfica 1.3.

Gráfica 1.3 Curva de volatilidad para opciones sobre divisas



La gráfica muestra el mínimo de volatilidad que se alcanza para opciones ATM y se eleva tanto para opciones ITM como OTM.

1.10 Valorización y precio de las opciones sobre divisas

El cálculo del precio de las opciones sobre tipos de cambio es una versión particular de la metodología que comúnmente se utiliza para otro tipo de opciones debido a que en este caso no existen dividendos.

La metodología misma para el cálculo de los precios de este tipo de opciones es una variante del reconocido método de Black y Scholes (1973) desarrollada por Garman y Kohlgagen (1983) para tomar en cuenta las tasas de interés que están involucradas así como el hecho de que los tipos de cambio son susceptibles de ser negociados con un premio o con un descuento, dependiendo de la estructura de los diferenciales en las tasas de interés.

Otra complicación puede surgir de la probabilidad de ejercicio previo al vencimiento en el caso de las opciones americanas¹⁹ ante lo cual Cox, Ross y Rubinstein (1979) desarrollaron un método binomial para calcular el precio de este tipo de opciones.

Para alimentar un modelo de valuación de opciones sobre tipos de cambio son necesarios los siguientes elementos:

1. La posición (*call* o *put*)
2. El par de divisas o monedas

¹⁹ Aunque debe señalarse que las opciones americanas son poco frecuentes en el mercado de tipos de cambio en comparación con las opciones de estilo europeo (con ejercicio al vencimiento).

3. El monto involucrado
4. El plazo de vencimiento
5. La tasa de ejercicio
6. El tipo de opción (Americana o Europea)
7. El tipo de cambio *spot*
8. La tasa de interés de ambas divisas o monedas
9. El intercambio *forward*
10. La volatilidad del par de divisas o monedas

En este contexto es destacable el papel que tiene la volatilidad como componente del valor de la opción en el tiempo y su precio de manera que se asocia directamente al premio exigido al contratar la misma. El impacto de cambios en la volatilidad es creciente con respecto a periodos de vencimiento más largos.

1.11 Modelos de valuación de opciones sobre tipos de cambio

La valuación de opciones se desarrolla a través de diversos modelos teóricos que comúnmente comparten el supuesto de mercados eficientes, donde toda la información disponible está completamente integrada a la dinámica de los precios.

1.11.1 Modelo binomial

Existen diversos modelos y metodologías para la valuación de opciones sobre tipos de cambio, uno de los más elementales pero que es ilustrativo de los elementos esenciales de estas opciones es el modelo binomial que supone una dinámica de cotización discreta y no continua como se da en la realidad, no obstante puede ser generalizado a un contexto de variaciones continuas.

Considerando como precio de una opción un tipo de cambio s , en dos periodos de tiempo existe la probabilidad p de que el tipo de cambio se deprecie por un factor $d > 1$ o la probabilidad $1-p$ de que el tipo de cambio se aprecie por un factor $a < 1$. Se asume que a y d son recíprocos:

$$a = d^{-1} \quad (1.2)$$

La probabilidad p ajustada al riesgo se puede calcular como:

$$p = \frac{e^{(i^d - i^f)\Delta t} - a}{d - a} \quad (1.3)$$

Donde i^d es la tasa de interés doméstica, i^f es la tasa de interés exterior y Δt es la amplitud del periodo de tiempo.

1.11.2 Modelo de Garman and Kohlhagen

Se trata de una extensión del modelo Black & Scholes que es de uso recurrente específicamente para la valuación de opciones sobre divisas de tipo europeo (como las que están disponibles en México actualmente). Se caracteriza por contar con términos individuales para las tasas de interés doméstica y del exterior, interés derivado de la intervención de ambas series en el valor de las opciones.

La aplicación del modelo asume que las cotizaciones siguen un proceso *log-normal*²⁰.

La determinación de los precios para opciones *call* y *put* se realiza a través de las siguientes fórmulas:

$$c = se^{-i^f t} N(d_1) - xe^{-i^d t} N(d_2) \quad (1.4)$$

$$p = xe^{-i^d t} N(-d_2) - se^{-i^f t} N(-d_1) \quad (1.5)$$

respectivamente, con:

$$d_1 = \frac{\log(s/x) + (i^d - i^f + \sigma^2 / 2)t}{\sigma \sqrt{t}} \quad \mathbf{y} \quad d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

donde:

s	es el tipo de cambio <i>spot</i>
x	es el precio de ejercicio
i^d	es la tasa de interés doméstica libre de riesgo
i^f	es la tasa de interés externa libre de riesgo
t	es el tiempo hasta la expiración del contrato
σ	es la volatilidad implícita del tipo de cambio
N	es la función de distribución normal acumulada

De esta forma, la paridad *put-call* para opciones de tipo europeo sobre divisas se puede expresar como:

$$c + xe^{-i^d t} = p + se^{-i^f t} \quad (1.6)$$

²⁰ Esto significa que la serie temporal, al ser convertida en logaritmos, sigue una distribución normal.

1.12 Medidas importantes

1.12.1 Volatilidad

Se trata de una medida estadística de dispersión cuya aplicación a nuestra materia se refiere específicamente a la dispersión del rendimiento o a variaciones en los precios de un activo subyacente a las opciones.

Cabe hacer mención que la mayor parte de los modelos de valuación de opciones asumen la presencia de un mercado eficiente donde no existe información privilegiada que pueda representar ventajas para algún participante. Este supuesto implica que el comportamiento de los precios de las opciones se aproxima a una distribución normal.

La varianza, V , de un conjunto de datos, X (en nuestro caso, los rendimientos asociados a un tipo de cambio), se calcula con:

$$V(X) = E[(X - E[X])^2] \quad (1.7)$$

Por su parte, un estimador muestral insesgado de la varianza se obtiene de:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (1.8)$$

Dado que la varianza suele ser un dato desconocido para el investigador, se recurre a estimaciones que pueden provenir de dos orígenes:

- a) Estimación histórica, que usa la información precedente para establecer patrones y tendencias que ayuden a proyectar eventos futuros, o
- b) Uso de expectativas, proyección basada en el comportamiento esperado de una o unas variables hacia un periodo determinado

La aplicación práctica de este estudio recurre a la estimación histórica de la varianza.

1.12.2 Griegas

Las *griegas* son medidas importantes de la sensibilidad del premio de las opciones con respecto a cambios en parámetros relevantes del mercado del activo subyacente. A continuación se presentan las más usadas junto con su interpretación y fórmulas de cálculo en el contexto del modelo Garman-Kohlhagen tanto para opciones *call* como *put*:

1.12.2.1 Delta

Es una razón utilizada para determinar la intensidad de los cambios en el premio de las opciones frente a cambios en el tipo de cambio *spot* de la divisa involucrada:

$\delta = \% \text{ de cambio en el premio} / \% \text{ de cambio en el tipo } spot$

$$\delta_c = e^{-i^f t} N(d_1) \quad (1.9)$$

$$\delta_p = e^{-i^f t} [N(d_1) - 1] \quad (1.10)$$

1.12.2.2 Gamma

Razón que mide el nivel de respuesta (sensibilidad) de la razón delta a cambios en el tipo de cambio *spot*.

$\gamma = \% \text{ de cambio en delta} / \% \text{ de cambio en el tipo } spot$

$$\gamma_c = \frac{N(d_1) e^{-i^f t}}{s \sigma \sqrt{t}} \quad (1.11)$$

$$\gamma_p = \frac{N(d_1) e^{-i^f t}}{s \sigma \sqrt{t}} \quad (1.12)$$

1.12.2.3 Theta

Razón que mide el nivel de respuesta de la razón delta a cambios en el tipo de cambio *spot*.

$\theta = \% \text{ de cambio de la prima} / \% \text{ de cambio en el plazo de expiración restante}$

$$\theta_c = -\frac{se^{-i^f t} N(d_1) \sigma}{2\sqrt{t}} + i^f se^{-i^f t} N(d_1) - i^d xe^{-i^d t} N(d_2) \quad (1.13)$$

$$\theta_p = -\frac{se^{-i^f t} N(d_1) \sigma}{2\sqrt{t}} - i^f se^{-i^f t} N(-d_1) + i^d xe^{-i^d t} N(-d_2) \quad (1.14)$$

Esta medida refleja el descenso cada vez más acelerado del precio de la opción en la medida en que su vencimiento se aproxima en el tiempo.

1.12.2.4 Vega

Mide el cambio del premio derivado de cambios en la volatilidad en el tipo de cambio:

Vega = % de cambio de la prima / % de cambio en la volatilidad del tipo de cambio

$$v_c = se^{-i^f t} N(d_1) \sqrt{t} \quad (1.15)$$

$$v_p = se^{-i^f t} N(d_1) \sqrt{t} \quad (1.16)$$

1.12.2.5 Rho

Rho mide la sensibilidad del precio de la opción a cambios en la tasa de interés. Dado que las opciones sobre divisas reciben influencia de dos tasas de interés distintas, se deben calcular dos indicadores rho que capturen dichas influencias de manera separada.

ρ = % de cambio en el precio / % de cambio en la tasa de interés

$$\rho_{cd} = xte^{-i^d t} N(d_2) \quad (1.17)$$

$$\rho_{cf} = -ste^{-i^f t} N(d_1) \quad (1.18)$$

$$\rho_{pd} = -xte^{-i^d t} N(-d_2) \quad (1.19)$$

$$\rho_{pf} = ste^{-i^f t} N(-d_1) \quad (1.20)$$

1.13 Opciones de segunda generación

Son instrumentos de muy reciente creación que se han creado para responder a necesidades cada vez más particulares de sus usuarios y que, por tanto, tienen mercados meta muy específicos.

- a) Opciones barrera. En ellas el derecho de venta o de compra depende de que el tipo de cambio alcance un nivel determinado.
- b) Opciones sobre promedio. Son las opciones en las cuales el precio de ejercicio se determina a través del promedio del tipo de cambio durante un periodo establecido
- c) Opciones sobre precios extremos. Son aquellas que definen su precio de ejercicio a partir de tipos de cambio mínimos o máximos en un periodo específico.
- d) Opciones *boost*. Son opciones que desaparecen en el momento en que el tipo de cambio alcanza alguno de los límites preestablecidos (superior o inferior) y el poseedor recibe un monto acordado multiplicado por el número de días en que el tipo de cambio permaneció dentro de ambos límites.
- e) Opciones bermuda. Opciones que sólo se pueden ejercer en fechas específicas hasta la fecha de expiración.

1.14 Instrumentos sintéticos

Los instrumentos sintéticos resultan de la combinación de posiciones de manera que se logra una posición que neutraliza el riesgo.

Usando las posiciones del tipo de cambio (*TC*) tanto *call* (*C*) como *put* (*P*) se puede definir que:

$$\text{a) Una posición larga de TC es: } C - P = TC, \text{ para } TC > 0 \quad (1.21)$$

$$\text{b) Una posición corta de TC es: } P - C = -TC, \text{ para } TC > 0 \quad (1.22)$$

Por tanto:

$$\text{a) } C - P - TC = 0 \quad (1.23)$$

$$\text{b) } P - C + TC = 0 \quad (1.24)$$

De modo que 0 implica una ausencia de posición, las variaciones en el tipo de cambio o en las opciones son compensadas completamente a través de estas *conversiones*²¹.

²¹ El resultado de la ecuación a se conoce también como *conversión reversa*.

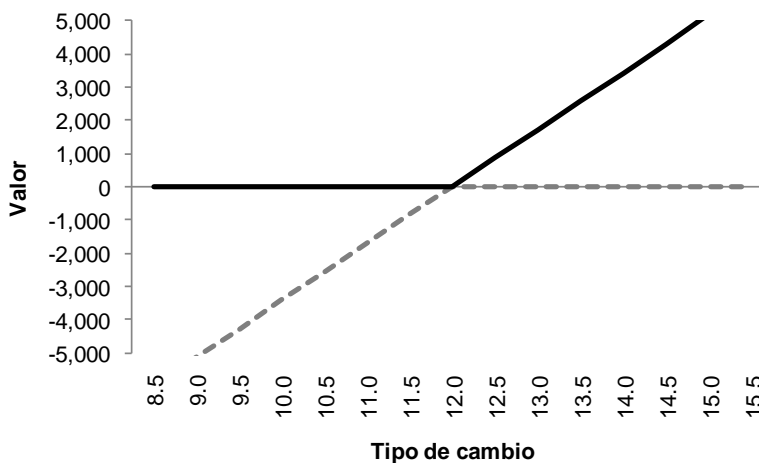
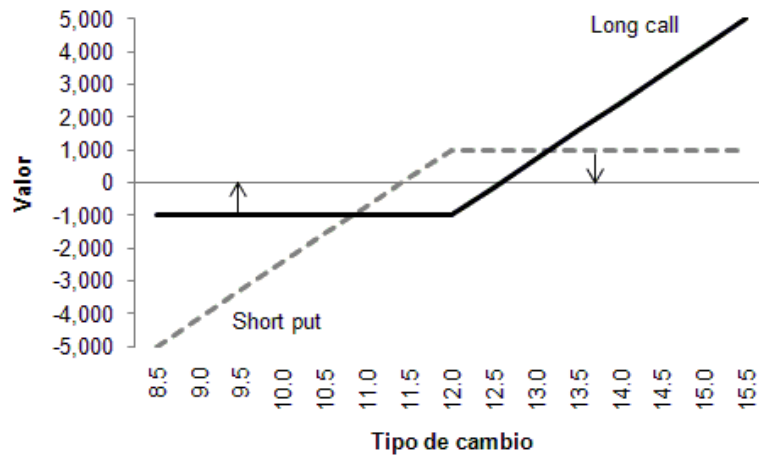
La compensación entre los premios de dos opciones contrapuestas (*long call* y *short put* por ejemplo) conduce a un resultado sin riesgo. Gráficamente se tiene que, partiendo de la Gráfica 1.4 y notando que los premios se eliminan mutuamente se obtiene un esquema compensado para la mitigación del riesgo a través de un futuro sintético.

El resultado del uso de opciones contrapuestas se conoce como *futuro sintético* y consiste básicamente en las siguientes alternativas:

a) Futuro sintético largo = *long call* + *short put* (1.25)

b) Futuro sintético corto = *short call* + *long put* (1.26)

Gráfica 1.4 Ejemplo de un futuro sintético largo a través de opciones



En la práctica, estas consideraciones se aplican en los mercados de divisas a través del uso combinado de opciones y futuros (ordinarios) de manera tal que la posición resultante configura una *opción sintética*.

Las posibles combinaciones de instrumentos que resultan en una opción sintética son:

$$\text{a) } \textit{Long call} \text{ sintética} = \text{futuro largo} + \textit{long put} \quad (1.27)$$

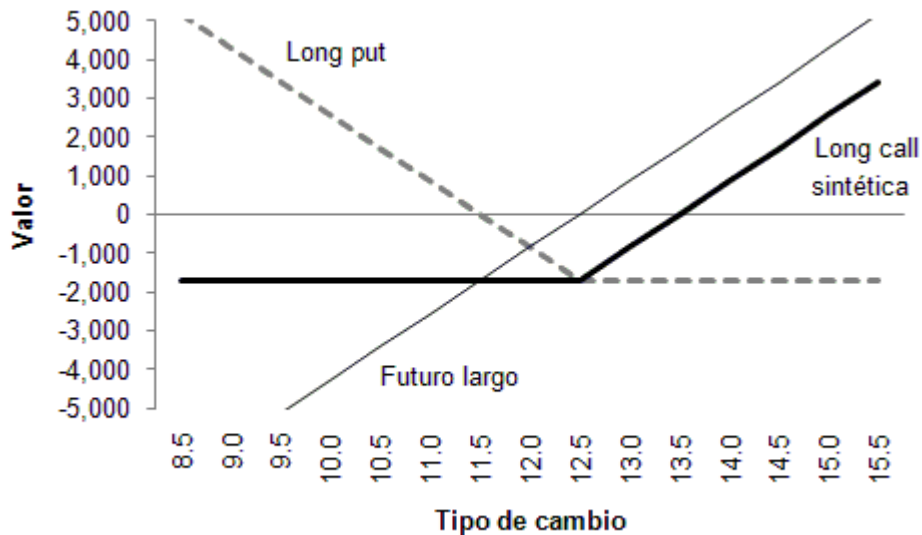
$$\text{b) } \textit{Short call} \text{ sintética} = \text{futuro corto} + \textit{short put} \quad (1.28)$$

$$\text{c) } \textit{Long put} \text{ sintética} = \text{futuro corto} + \textit{long call} \quad (1.29)$$

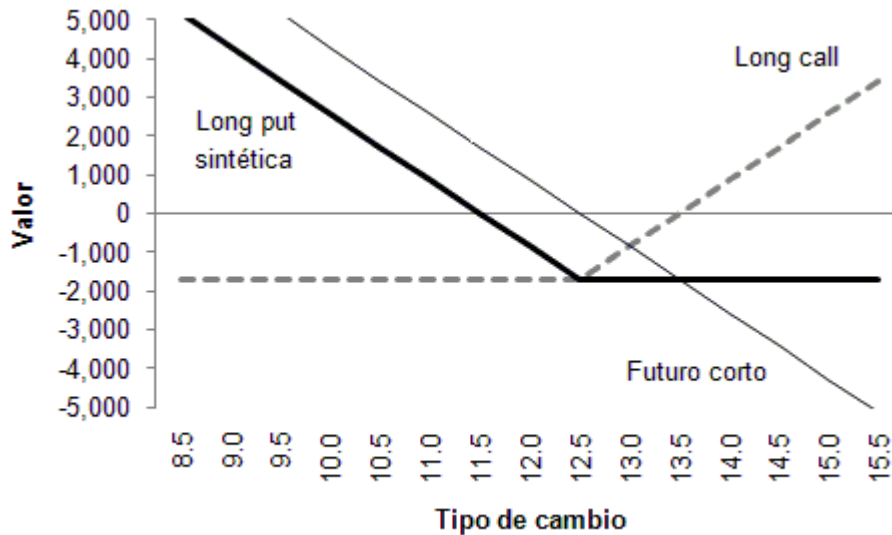
$$\text{d) } \textit{Short put} \text{ sintética} = \text{futuro largo} + \textit{short call} \quad (1.30)$$

Es importante destacar que las opciones sintéticas tienen las mismas características, en términos de su comportamiento, que sus equivalentes ordinarias.

Gráfica 1.5 Ejemplos de opciones sintéticas



Gráfica 1.5 Ejemplos de opciones sintéticas (cont.)



B) Aspectos técnicos del análisis de los derivados cambiarios

1.15 Formación de expectativas

Una característica relevante de los mercados de futuros y a plazos con divisas es que existen al menos dos fuentes de volatilidad asociadas a las expectativas de mercado (agregadas) y a las expectativas de los participantes (individuales).

La formación de dichas expectativas puede ser a su vez producto de la extrapolación de información sobre el comportamiento pasado de las variables hacia la previsión de futuros acontecimientos, constituyendo un componente de *volatilidad histórica*. Este tipo de formación de expectativas se enfoca en características estructurales de la información por lo que, de no ocurrir sucesos de mayor relevancia la información pasada puede servir para la estimación del futuro. En términos econométricos este tipo de expectativas corresponde al concepto estadístico de *martingale*²² aplicado por ejemplo a la varianza de una serie temporal de tipo de cambio.

Este tipo de expectativas tiene su mayor poder predictivo para estimaciones cercanas en el tiempo gracias a la continua incorporación de información que conduce a su constante revisión pero que se debilita frente a eventos sobre los que la información es limitada como aquéllos con mayor distancia al frente en el tiempo.

²² Serie $X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_0$ cuya principal característica es que su valor esperado, como una función de la información pasada, es: $E(X_t | X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_0) = X_{t-1}$.

Otro concepto instrumental destacable consiste en la reducción de la volatilidad histórica como producto de la suavización de las series al utilizar intervalos mayores de tiempo. El uso de promedios semanales, mensuales o anuales modifica las propiedades estadísticas de la información al reducir la volatilidad histórica.

Por otra parte, las experiencias individuales y la información con que cuentan los agentes contribuyen a la formación de sus propias expectativas sobre el comportamiento de los mercados en los que participan. A partir de la información individual se generan expectativas sobre la *volatilidad prevista*.

Ambos conceptos de volatilidad son relevantes para estudios sobre derivados debido a que permiten incorporar los efectos que los flujos de información tienen sobre las cotizaciones de los precios de los futuros, *forwards* y opciones. Tómese en cuenta el efecto que puede tener en un mercado de futuros de divisas el anuncio del presidente de la Reserva Federal (*Fed*) sobre el endurecimiento de la política monetaria que puede presentarse dadas las expectativas inflacionarias en los Estados Unidos. Por otro lado, considérese también la recurrencia al mercado de futuros de un administrador de una empresa que practica el comercio exterior a sabiendas de que sus transacciones internacionales se incrementarán en los próximos periodos.

Una aplicación empírica sobre la formación de expectativas es ofrecida por Segupta y Sfeir (1998) quienes buscan discernir entre las tendencias pasadas y las expectativas como los factores que rigen con mayor fuerza la volatilidad de los mercados cambiarios. Sus resultados conducen a concluir que la tendencia observada en el pasado es un factor con mayor importancia en la determinación de la volatilidad de los tipos de cambio reales.

Ramchander y Sant (2002) presentan un estudio donde la intervención de la *Fed* induce una reducción de la volatilidad en los mercados de futuros de divisas a través de un modelo de formación de expectativas basado en la hipótesis de las expectativas racionales. Los efectos de las intervenciones sobre la volatilidad en los mercados cambiarios no han sido completamente definidos ya que por un lado, existe la posibilidad de que tiendan a reducirla si logran contener los ataques especulativos mediante la solidificación de expectativas de los agentes respecto a los límites de variabilidad que un banco central está dispuesto a aceptar mientras que, por otro lado, pueden ser factor de exacerbación de la volatilidad si sus señales no son lo suficientemente claras contribuyendo, así, al aumento de la incertidumbre cambiaria o de la especulación. Kathryn Dominguez²³ ha

²³ Dominguez, K. M. y Frankel, J. A. (1993) Does foreign exchange intervention matter? The portfolio effect. *American Economic Review*, No. 83, p. 1356-1369, Dominguez, K. M. y Frankel, J. A. (1993) *Does Foreign Exchange Intervention Work?* Institute for International Economics, Washington DC. y Dominguez, K. M. y Panthaki, F. (2007), The influence of actual and unrequited interventions. *International Journal of Finance & Economics*, Vol. 12, No. 2, p. 171 – 200. En esta misma línea de análisis se encuentran Jansen, D. y Haan, J. (2006), Look who's talking: ECB

desarrollado importantes trabajos sobre las condiciones y efectos de la comunicación entre los bancos centrales y los agentes domésticos e internacionales al respecto de los tipos de cambio.

El estudio de Ramchander y Sant utiliza información sobre el tipo de cambio del dólar de los Estados Unidos frente al marco alemán y al yen japonés entre 1985 y 1993 a través de metodologías *VAR* (*Vector Auto-Regressive*) para distinguir entre los dos posibles canales de influencia de las políticas hacia la volatilidad de los tipos de cambio.

El análisis está basado en la concepción de que las intervenciones tienen efectos por dos vías: la nominal y a través de la formación de expectativas. En el primer caso la administración de los tipos de interés permite inducir ajustes en los desequilibrios que se puedan presentar en los mercados cambiarios reduciendo o eliminando las oportunidades objetivas (técnicas) de arbitraje mientras que la influencia de las autoridades monetarias sobre las expectativas de los agentes aborda un componente subjetivo mediante la emisión de *señales* (*policy signalling*) que se espera sean adecuadamente incorporadas en el conjunto de información (*information set*) de esos agentes.

Las pruebas empíricas entre el balance de portafolios y la emisión de señales tienden a favorecer el segundo canal dado que las intervenciones esterilizadas no afectan la oferta relativa de dinero y a la ocurrencia de fenómenos de aprendizaje de los agentes que permite neutralizar los intentos nominales para ajustar los desequilibrios, aunque, como ya se mencionó, las señales pueden tener incluso efectos contraproducentes si la comunicación no es efectiva.

Las conclusiones de Ramchander y Sant²⁴ indican el hallazgo de una relación bi-direccional entre las intervenciones de la *Fed* y la volatilidad cambiaria respecto al yen japonés, no así en el caso del tipo de cambio con el marco alemán donde no se encontró impacto alguno sobre la volatilidad debido a la rigidez que imponía el Sistema Monetario Europeo (*EMS*) y a la dificultad operativa que el mismo significaba sobre cualquier intento de coordinación monetaria con países participantes. En general los resultados apoyan la hipótesis de la influencia sobre la volatilidad de los tipos de cambio por medio de la emisión de señales relativas a las posturas de los bancos centrales.

Un concepto clave en los mercados de divisas y, en general en los mercados financieros, es el de la credibilidad sobre la robustez y estabilidad de las monedas. Según la definición de Aguirre y Saidi (2000, p. 396) el nivel de riesgo en un mercado específico está asociado a las variaciones en el tipo de cambio esperado y su estructura dinámica. Las expectativas, a través de este análisis, son capturadas (y expresadas) en el mercado de contratos de derivados mientras que

communication during the first years of EMU. *International Journal of Finance & Economics*, Vol. 11, No. 3, págs 219 – 228.

²⁴ Ramchander y Sant, op. cit. P. 239.

el riesgo consiste en el grado de exposición de los agentes ante posibles fluctuaciones en el precio de una moneda y se mide a través de la varianza en los precios de los derivados asociados al tipo de cambio (σ)²⁵.

En este marco la credibilidad, como expectativa de estabilidad (también denominada *fortaleza*), de una moneda está limitada por el grado de respuesta de los precios de los instrumentos ante *innovaciones*²⁶ y la persistencia que estas tengan en el tiempo.

1.16 Estudios técnicos

El estudio empírico de estos conceptos es desarrollado por Aguirre y Saidi a través de un modelo complejo *M-EGARCH* (*mean-exponential generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*) que permite identificar heterogeneidades en los determinantes principales de los precios de futuros de divisas así como sus elementos dinámicos. Esta metodología presenta la ventaja de distinguir entre los efectos de las innovaciones no sólo por su magnitud sino también por su signo, sin embargo, no ha sido de uso común en el análisis económico-financiero.

El signo del componente auto-regresivo (*AR*) también es útil para corroborar la hipótesis sobre la presencia de rezagos distribuidos (*DL*) o de expectativas en cadena o *bandwagon*. Un signo negativo indica que las variaciones registradas en el pasado generan expectativas de variaciones en la dirección contraria, mismas que se expresan en el precio presente de los futuros. Las expectativas de tipo *DL* se identifican comúnmente con el comportamiento de largo plazo y, por ende, reflejan credibilidad en el mercado mientras que los signos positivos en los componentes *AR* indican que las variaciones pasadas son seguidas por expectativas de variación en la misma dirección (tipo *bandwagon*). Este último tipo de expectativas se asocian a su vez con variaciones de corto plazo y credibilidad incompleta (consistente en la existencia de diferencias entre las expectativas de mercado y los anuncios de política).

Componentes técnicos como estos han propiciado el estudio de la conducta en los mercados financieros como el estudio de Cipriani y Guarino (2009) donde se estudian reacciones estratégicas racionales, en *rebaño* y *contrarianismo* a partir de la formación de expectativas comparando información privada y colectiva.

Por su parte, el componente de medias móviles (*MA*) de un modelo captura los errores de las expectativas y su signo indica la influencia que tiene sobre los precios (presentes) de los futuros del tipo de cambio.

²⁵ En sintonía con el Modelo CAPM.

²⁶ En los estudios estadísticos se denomina *innovaciones* a eventos que modifican una situación estacionaria en la información como eventos extraordinarios, movimientos en instrumentos de política económica o la aparición de noticias relevantes para la variable de estudio.

Un ejercicio aplicado al caso mexicano para la estimación de la volatilidad en el mercado cambiario se encuentra en Benavides y Capistrán (2009). En él se comparan metodologías de series de tiempo de tipo *GARCH* (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) frente a estimaciones a partir de la información del mercado cambiario (*Implied Volatilities*). Sus resultados muestran la utilidad de tales metodologías para obtener indicadores específicos sobre la volatilidad esperada. Particularmente es destacable el señalamiento de los autores sobre la necesidad de tomar en cuenta ponderaciones variantes en el tiempo para mejorar la capacidad predictiva de los modelos.

Su estructura de modelaje resulta especialmente útil también en el desarrollo teórico que aquí se postula en el sentido de que contribuye al estudio sobre la formación dinámica de expectativas en el mercado cambiario a partir de información estadística del mismo²⁷ sobre todo si como afirma Yungsi (2006) la información de estadísticas financieras sujetas a “saltos” (como se verá en la serie del tipo de cambio en México) puede analizarse desde el punto de vista estadístico de *martingales*²⁸. Citando a Delbaen y Schachermayer (1994, p. 1, traducción del autor):

“Uno podría tener la impresión de que la teoría de *martingales* y la teoría general de los procesos estocásticos fueron hechas a la medida para las finanzas.”

Esta perspectiva también es consistente con el postulado general del teorema fundamental para la valuación de activos financieros en el sentido de que si no existen oportunidades de arbitraje, entonces las series de precios constituyen *martingales* con una distribución de probabilidad asociada y donde toda la información relevante está reflejada en los precios de mercado (como se postula en Fama, 1970).

Incluso metodológicamente el análisis de *martingales* en la información es consistente con el uso de modelos *GARCH*, los cuales consideran a los componentes de error estocástico o innovaciones (y, por esta vía, a la varianza) como una función de los errores previos en las series de tiempo de modo que se constituye el fenómeno de *varianzas cambiantes en el tiempo*²⁹.

²⁷ En contraste con posturas como la de Abarca, Benavides y Rangel (2010), quienes buscan explicar la formación de expectativas del mercado cambiario en México a partir de anuncios de política monetaria en México y (principalmente) en los Estados Unidos.

²⁸ Yungsi (2006) específicamente maneja las series como *semi-martingales* debido a la incidencia de elementos imperfectamente contenidos en la información de mercado y que, sin embargo, se encuentran restringidos a un espacio de variación limitado. Un *martingale* puro teóricamente consiste en una serie cuya esperanza matemática (condicional a la información histórica) es igual a su valor previo en el tiempo.

²⁹ “Este fenómeno de volatilidad variante en el tiempo se encuentra a menudo en modelos para beneficios bursátiles, tipos de cambio, y otras series que se determinan en los mercados financieros.” Davidson y MacKinnon (2004, p. 587, traducción del autor).

1.17 Teoría de la convergencia y su análisis empírico en la literatura

1.17.1 Precios futuros y precios al contado

Conceptualmente, las diferencias entre los precios de los futuros y los precios al contado o *spot* abren una ventana a las fuerzas del arbitraje financiero que conducen a la convergencia final entre ambos a medida que el periodo de entrega del activo subyacente se aproxima.

Al comienzo de un contrato de futuros el precio de una divisa es mayor que el expresado por el tipo de cambio *spot* debido a la presencia de un periodo de tiempo de espera y de los gastos asociados al *mantenimiento* del contrato. Ambos factores colapsan a cero a medida que el periodo de liquidación es más cercano.

No obstante, la evidencia a favor del poder explicativo de los tipos de cambio *forward* sobre los *spot* ha sido constantemente sujeta a escrutinio en diversos estudios cuantitativos sobre la materia. Desde la publicación de Fama (1984) donde se hallaba que éste era en realidad escaso se ha desarrollado un área de investigación que continúa abordando la temática a través de un amplio espectro de perspectivas metodológicas en busca de capturar una asociación válida entre la realización de los tipos de cambio y su valuación previa en mercados organizados o instrumentales por parte de agentes económicos con intereses distintos (coberturistas, especuladores y arbitrajistas).

Los ejercicios empíricos que se han desarrollado en esta materia giran en torno a la *hipótesis de insesgamiento de los tipos de cambio forward (forward exchange rate unbiasedness hypothesis, FRUH)* que postula que los tipos *spot* en el futuro pueden ser estimados a través de los tipos *forward*.

Sin embargo esta teoría ha sido sujeto de amplias críticas y rechazo de sus postulados bajo argumentos como la presencia de especulación excesiva³⁰ o una elevada variabilidad en el premio al riesgo a lo largo del tiempo³¹. Fama encontró que la diferencia entre los tipos de cambio *forward* y *spot* constituía un estimador sesgado hacia arriba (esto es, que lleva a una sobre-estimación) de los cambios que se presentarían en el tipo *spot* en un horizonte de tiempo comparable con la vida de los contratos.

Esto se daría debido a que estadísticamente los tipos *spot* tendían a disminuir si los tipos *forward* eran superiores, lo que va en contra de lo predicho por la *FRUH*. Dentro de sus conclusiones principales se encuentra la que apoya la existencia de un premio al riesgo incorporado a los tipos *forward* que no es constante en el tiempo.

³⁰ Como se desarrolla en Vij, Madhu (2002, p. 79).

³¹ Señalada en Fama (1984, p. 17).

De esta manera el modelaje de los tipos *forward* (f) con base en los tipos *spot* (s) debería corresponder a una estructura básica como:

$$f_t = E[s_{t+1}] + p_t \quad (1.31)$$

Nótese el índice temporal para el componente del premio al riesgo (p) denotando su variabilidad en el tiempo como concluye McMillan³².

Convencionalmente el estudio de la asociación entre los tipos *spot* y el premio implícito en los tipos *forward* se realiza mediante regresiones de la siguiente forma:

$$s_{t+1} - s_t = \alpha + \beta(f_t - s_t) + u_{t+1} \quad (1.32)$$

Que exploran la capacidad de estimar el comportamiento futuro³³ de los tipos *spot* a través del coeficiente del premio *forward*, β .

Las técnicas econométricas utilizadas para el sometimiento de la *FRUH* a pruebas empíricas han sido tan variadas como numerosas en su aplicación a divisas fuertes. Han ido desde las más elementales regresiones hasta complejos modelos vectoriales y de corrección de error pasando por modelos auto-regresivos y de cointegración y sólo parece que estos últimos han fortalecido la necesidad de reconsiderar las conclusiones que parecían haberse definido anteriormente.

Partiendo de las aplicaciones menos elaboradas, encontramos que Vij³⁴ confía en las propiedades estadísticas de los estimadores de mínimos cuadrados (*OLS* por sus siglas en inglés) para probar los postulados de la *FRUH* a través de regresiones con información para cinco tipos de cambio. La parte innovadora del estudio de Vij consiste en el uso de tres distintos periodos de maduración (uno, tres y seis meses). Las conclusiones, sin embargo, indican el rechazo de la hipótesis aunque no encuentran evidencia de un exceso de especulación en los mercados *forward*.

Tauchen (2001) realizó un análisis estadístico mediante modelos auto-regresivos (*AR*) utilizando los tipos de cambio de nueve monedas entre 1973 y 1982 en el cual demuestra que la teoría de los tipos *forward* como estimadores insesgados de los tipos *spot* carecía de sustento empírico describiendo a detalle las propiedades estadísticas del mencionado sesgo.

³² McMillan, David G. (2005, p. 1143).

³³ Zivot (2000) seguido por McMillan (2005) además exploran la relación de cointegración entre s_t y f_t .

³⁴ Vij, op. cit. Pág 79.

Dentro de las técnicas aplicadas para el estudio de dicha hipótesis está el análisis de cointegración entre ambas series y aunque algunas de ellas³⁵ apoyan la cointegración, también diagnostican un problema de sesgo de los tipos *forward* como predictores de los tipos *spot* (por ejemplo McMillan, D. (2005)).

Las más recientes aplicaciones han incorporado en el análisis los efectos de la heterogeneidad en paneles de datos al interior de las series (*within dimension*) así como entre ellas (*between dimension*) (con ejemplo también en McMillan, D. (2005)).

Por su parte Clarida y Taylor (1997) utilizaron un método alternativo para evaluar la predictibilidad de los tipos de cambio en efectivo a partir de precios *forward*. Su estructura de análisis corresponde a un modelo de Corrección de Error en Vectores (*VECM* por sus siglas en inglés) capaz de tomar en cuenta la adición constante de información para la toma de decisiones y, en ese sentido, de distinguir efectos de corto y largo plazo en las series. Cada relación de cointegración constituye un equilibrio de largo plazo al cual el sistema regresa después de alguna perturbación temporal.

Sus predicciones resultan superiores al ser evaluadas a través de indicadores convencionales como la raíz del error cuadrado medio (*RMSE*) o el error absoluto medio (*MAE*), generando incluso proyecciones eficientes fuera de la muestra de tipos de cambio para Alemania, Japón y el Reino Unido.

Mediante sus ejercicios logran concluir que el tipo de cambio *forward* aporta información estadísticamente significativa sobre las fluctuaciones de los tipos *spot*.

Colín (1998) desarrolló un ejercicio sobre este tema aplicado al caso mexicano a través de un análisis de cointegración y la aplicación del modelo de convergencia de precios de Garbade y Silber³⁶ donde concluye que la especulación ha desviado a los participantes de la motivación esencial de los mercados de futuros en busca de ganancias instantáneas, lo que hace necesario el ajuste del marco regulatorio.

Otra vertiente metodológica aplicada sobre esta temática se encuentra en Wolff (2000), quien utiliza el filtro Kalman como herramienta para la extracción de señales en las series de tipos de cambio *forward* y *spot*. Wolff además modela el premio *forward* como un proceso auto-regresivo (*AR*) de orden uno:

$$P_t = \alpha P_{t-1} + u_t \quad (1.33)$$

³⁵ El agregado de estudios empíricos es hoy en día muy amplio (no así para el caso de México incluso con datos en panel) y sus resultados en uno u otro sentido han incentivado la continuidad de la investigación.

³⁶ Modelo de la economía industrial que aprovecha las conclusiones del análisis de cointegración para evaluar el grado de convergencia de los precios y los efectos del arbitraje.

supuesto determinante para la aplicación recursiva del filtro Kalman. Sus resultados empíricos, además de consolidar la aplicabilidad del filtro Kalman en series financieras, señalan que mediante la utilización de la información sobre el premio forward, el modelo aplicado detecta que entre el 9 y el 16% de la varianza en los errores de predicción se deben a la variación en el premio.

Aún queda por mencionar otro tipo de metodologías econométricas que han sido aplicadas al estudio de la hipótesis *FRUH*, se trata de un enfoque semi-paramétrico utilizado por Hodgson, Linton y Vorkink (2004) que se separa de la aplicación común de mínimos cuadrados ordinarios (*OLS*) mediante un tratamiento de simetría elíptica a la distribución de probabilidad del error multivariado.

Una característica destacable del enfoque que adoptaron está en la manera en que consideraron la utilización de un sistema integrado para la estimación en lugar de adoptar la práctica generalizada de estimar una ecuación por cada moneda en estudio. La justificación de un procedimiento conjunto se encuentra en el hecho de que existe una creciente integración económico-financiera sobre todo entre los países más desarrollados además de que una inmensa mayoría de los tipos de cambio son calculados *vis a vis* una misma divisa: el dólar, misma que constituye la moneda preponderante en los modelos monetarios internacionales.

Bajo estas circunstancias las perturbaciones en los tipos de cambio de diferentes países tenderán a estar correlacionadas de modo que un enfoque de mínimos cuadrados generalizados viables (*feasible GLS*) producirá estimaciones más eficientes y pruebas de diagnóstico más precisas³⁷ en comparación con un ejercicio de múltiples ecuaciones bajo mínimos cuadrados ordinarios (*OLS*). No obstante, las estimaciones también utilizan metodologías del análisis de cointegración que ya se han mencionado a una versión de la hipótesis *FRUH* en primeras diferencias. Esta estructura de análisis tiene el objetivo de enfrentar de mejor manera la posibilidad de una distribución no normal en las perturbaciones resultantes de la estimación del sistema.

Estos autores recolectaron información estadística para los tipos de cambio en futuros y *spot* en dos frecuencias, diaria entre 1998 y 2001 y semanal entre 1993 y 2001 para el yen japonés, la libra esterlina y el dólar canadiense, todos referidos al dólar de los Estados Unidos.

En un primer análisis de cointegración en niveles la prueba ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) condujo a verificar la existencia de una raíz unitaria entre los logaritmos de los tipos de cambio *forward* y *spot*. Estas particularidades metodológicas resultaron en conclusiones marcadamente a favor de la validez de la *FRUH* a través del análisis con información en niveles. Sin embargo la conclusión fue la opuesta cuando en busca de la estacionariedad que demandan

³⁷ Ver Davidson y MacKinnon (2004), *Econometric Theory and Methods*. Oxford University Press. Nueva York. Capítulo 7.

los modelos de cointegración se transformó la información en cambios porcentuales.

1.17.2 Precios de futuros y precios a plazo

Estudios fundacionales sobre la convergencia entre los precios de contratos de futuros y de contratos a plazo presentan conclusiones claramente distintivas para los mercados de divisas en comparación con los mercados de *commodities* u otros mercados financieros.

Cornell y Reinganum³⁸ utilizaron series de precios de futuros y precios a plazo para la libra esterlina, el dólar canadiense, el marco alemán, el yen japonés y el franco suizo y concluyeron que muy pocas diferencias eran estadísticamente significativas. Similarmente Park y Chen³⁹ con el mismo grupo de divisas pero sin el dólar canadiense confirmaron que las diferencias no eran significativas. Contrastantemente, las diferencias en los mercados de *commodities* sí fueron estadísticamente significativas. Una explicación sobre estos resultados se encuentra en el diferente tratamiento que tienen los activos subyacentes en lo que se refiere a regulación y a cargas impositivas.

Por otro lado, Chen (1997) aplicó una metodología compleja de modelaje *EGARCH* (acrónimo para *Exponential Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroskedastic*) a la serie diaria del tipo de cambio entre el yen japonés y el dólar entre 1976 y 1994. Entre sus resultados empíricos se puede destacar que obtiene una distribución no-normal en los residuales, lo que da pie a la aplicación de metodologías como las de análisis no paramétrico o semi-paramétrico.

Su enfoque particular hace posible distinguir de manera no simétrica los efectos de las innovaciones hacia arriba o hacia abajo en el tipo de cambio de los futuros de manera que incrementos en éste incrementan la volatilidad por un factor mayor al que se presenta con disminuciones en el tipo de cambio. Utiliza también una variable instrumental como la diferencia entre las cotizaciones mayores y menores de los contratos de futuros para explicar el comportamiento futuro de los precios.

1.18 Consideraciones post-keynesianas sobre la *FRUH*

La estructura sobre la que han descansado las pruebas de la hipótesis de insesgamiento de los tipos de cambio forward, depende en gran medida del tipo de formación de expectativas que corresponde a la escuela de las expectativas

³⁸ Cornell, B. y Reinganum, M. (1981), Forward and Futures Prices: Evidence from Foreign Exchange Markets. *Journal of Finance*, No. 36, diciembre, p. 1035-1045. Citado en Hull (2002, p. 61).

³⁹ Park, H.Y. y Chen, A. H. (1985), Differences between Futures and Forward Prices: A Further Investigation of Marking to Market Effects. *Journal of Futures Markets*, No. 5, febrero, p. 77-88. Citado en Hull (2002, p. 61).

racionales, donde se propone la existencia de un agente representativo con base en el cual se pueden formular generalizaciones. Sin embargo la validez de la teoría del agente representativo también está siendo sujeta a discusión en distintos frentes.

En el apartado econométrico, por ejemplo, cada vez se han desarrollado más modelos y técnicas que buscan tomar en cuenta las diferencias entre unidades de estudio que cotidianamente se encuentran en la práctica. Es así que los métodos para paneles de información heterogéneos y otros como los modelos de efectos fijos (*Fixed effects, FE*) han evolucionado para incorporar al estudio las características de agentes disímiles. De hecho la homogeneidad en información, recursos y estrategias sería un factor en contra del desarrollo de las tendencias comerciales y financieras que se observan en la información real.

En estudios como el de Moosa (2004, p. 401) se argumenta con energía el hecho de que es en realidad la heterogeneidad de los agentes la que permite la comprobación de hipótesis en una realidad que experimenta especulación, un intercambio activo y volatilidad en los mercados. En la base de esta discusión está también la noción de que, en contraposición a lo planteado por la escuela de las expectativas racionales, los agentes económicos además de previsores de las ocurrencias futuras, son también factores activos de su realización.

En el caso de los mercados de divisas, varios ejemplos pueden encontrarse sobre la manera en que los agentes tienen un grado importante de influencia (deliberada o no, racional o no) sobre las tendencias nominales de modo que se han encontrado efectos como los llamados de *profesías autocumplidas* similares a lo que también se ha encontrado sobre los periodos de pánico financiero y corridas bancarias.

La racionalidad imperfecta también forma parte de la crítica post-keynesiana sin embargo aún requiere de un desarrollo teórico más sólido. Lo que es evidente es el hecho de que los agentes pueden tener expectativas de diversos tipos: alcistas (*bullish*) o reduccionistas (*bearish*) con base en las cuales intervienen en los mercados presionando en una u otra dirección

Por otra parte la escuela post-keynesiana también señala que la especificación de la ecuación (1.32) es errónea ya que en realidad la asociación entre los tipos *forward* y los *spot* es contemporánea, de esta manera el premio *forward* no refleja las expectativas en los mercados cambiarios sino el diferencial entre las tasas de interés domésticas y las internacionales. La validez de la teoría de la Paridad Cubierto de las Tasas de Interés (*CIP*, por sus siglas en inglés) es, bajo esta perspectiva, la principal causa del constante rechazo a la *FRUH*.

En palabras de Lavoie:

“El tipo de cambio forward se establece por los negociadores bancarios a una tasa que permitirá a los bancos cubrir sus costos, y el margen de ganancia está dado por el diferencial en los costos del interés.”⁴⁰

Moosa⁴¹ muestra además que la *CIP* puede constituir una condición de arbitraje o de cobertura en los mercados cambiarios.

En la misma línea de pensamiento, Landon y Smith (2003, p. 145) rechazan la hipótesis neoclásica de expectativas racionales y concluyen que existe un premio al riesgo cuyas características son variantes en el tiempo.

Utilizando el tipo de cambio dólar-yen entre 1975 y 1994 y una metodología ARCH (*Auto-Regressive Conditional Heteroskedasticity*) descomponen el premio forward en un premio al riesgo y en el cambio esperado en el tipo de cambio. El premio al riesgo es modelado como una función de variables económicas observadas incluyendo, entre otros, a la oferta monetaria. El cambio esperado del tipo de cambio surge de proyecciones propias. Las ecuaciones utilizadas para describir el premio *forward* y para generar las proyecciones del tipo de cambio son estimadas de manera conjunta de manera que la segunda queda anidada en la primera a replazar el cambio esperado del tipo de cambio.

Por una parte, el premio al riesgo es estimado a través de:

$$\rho_t = i_t^d - i_t^f - \Delta s_{t+1}^e \quad (1.34)$$

donde los dos primeros elementos del lado derecho de la ecuación representan el diferencial (en logaritmos) entre las tasas de interés doméstica y exterior mientras que el tercer componente es la tasa de cambio esperada en el tipo de cambio *spot*. En tanto que la *CIP* implica, como ya se ha señalado, que el premio forward equivale a la diferencia entre los retornos de bonos denominados en la moneda local y en la divisa:

$$f_t - s_t = i_t^d - i_t^f \quad (1.35)$$

donde f es el logaritmo del tipo de cambio a plazo de un periodo (nótese la relación contemporánea característica de este planteamiento). Substituyendo (1.35) en (1.34) se logra una ecuación que describe el premio forward como la suma de un premio al riesgo y el cambio esperado en el tipo de cambio.

$$f_t - s_t = \Delta s_{t+1}^e + \rho_t \quad (1.36)$$

⁴⁰ Fragmento traducido por el autor de Lavoie, M. (2000, p. 174).

⁴¹ Moosa, op. cit. p. 402-404.

Aplicando esta ecuación a la información real, observan que la volatilidad en el tipo de cambio (6.1%) supera por mucho la que corresponde al premio *forward* (0.8%). Además de rechazar la hipótesis de expectativas racionales estos autores fundamentan la existencia de un premio al riesgo variante en el tiempo, razón plausible para la constante falla de la *FRUH* al ser probada empíricamente.

1.19 Uso de metodologías GARCH para el análisis del riesgo cambiario

Como se explica en Engle (2001) los modelos ARCH y GARCH han encontrado un importante nicho de aplicación en el estudio de series financieras donde la variable dependiente es el retorno de un activo, donde la varianza del mismo representa su nivel de riesgo.

Particularmente estas series financieras se suelen caracterizar por cambios en la varianza a lo largo del tiempo (lo que se conoce como heteroscedasticidad), mismos que no son aleatorios sino que más bien constituyen periodos más o menos definidos de incremento o disminución del riesgo (es decir están correlacionados). Esta conjunción de observaciones con tendencias de riesgo común se conoce como *agrupamiento de volatilidad*.

Derivado de su capacidad para tratar con la heteroscedasticidad de las series los modelos ARCH y GARCH se aplican ampliamente en la estimación de la volatilidad para la toma de decisiones financieras.

Estos modelos surgen de las propuestas de Engle (1982) sobre ponderadores variables de la varianza y de la generalización de Bollerslev (1986) con ponderadores asintóticamente decrecientes. De esta manera los modelos financieros incorporan también elementos de *adaptación* o *aprendizaje* ya que las estimaciones para periodos futuros en el tiempo incorporan paulatinamente la información que se capturó del pasado. La aplicación recurrente de los modelos permite proyecciones para horizontes consistentes en varios periodos.

La estructura básica de los modelos GARCH(p,q) para una serie s_t consiste en dos ecuaciones:

$$s_t = \beta_0 + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (1.37)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad \omega > 0, \alpha \geq 0, \beta \geq 0 \quad (1.38)$$

donde σ_t^2 representa la varianza condicional del término estocástico de error ε_t . A su vez α_i es el coeficiente del componente ARCH del modelo mientras β_j es el

que corresponde al componente GARCH, mismo que asocia la varianza con sus valores rezagados hasta un horizonte q .

De estas ecuaciones se desprende que la varianza condicional se explica por la volatilidad histórica (el componente ARCH, rezagos auto-regresivos de orden p) y por las varianzas anteriores (el componente GARCH, rezagos de medias móviles de orden q).

En la medida en que la suma $\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j$ se aproxima a la unidad, las innovaciones en la volatilidad serán más persistentes.

Una característica de los modelos GARCH es que aporta una medición de la volatilidad sin tomar en cuenta su dirección, sólo su magnitud.

En específico, se han realizado múltiples estudios académicos sobre la volatilidad de los tipos de cambio a través de modelos GARCH. Un ejemplo de este tipo de análisis se encuentra en Johnston y Scott (2000).

II. Oportunidades de Aplicación Práctica. El contexto del riesgo de cambio en México, 2000-2010

En este capítulo se describen el contexto histórico reciente del tipo de cambio, los canales que dan relevancia al riesgo de cambio y las respuestas institucional (en mercados organizados) y privada que se le han dado a través de instrumentos derivados en México.

Se aporta información estadística histórica de México así como del contexto internacional en el uso de derivados financieros.

2.1 El contexto reciente del tipo de cambio en México

Un hito importante en la historia económica moderna de México se encuentra en la adopción de un régimen de flotación del tipo de cambio en septiembre de 1976. Este cambio puso fin a 22 años de estabilidad cambiaria (con la emblemática cotización de 12.50 pesos por dólar) y se dio en un contexto donde la especulación financiera representó un importante factor de presión principalmente para las finanzas públicas.

Un suceso como este representó también la entrada de la economía mexicana a un contexto cambiario en el que los mercados financieros hacían cada vez más evidente su desarrollo, fortaleza y liderazgo en relación a las decisiones económicas públicas y privadas.

Diferentes posturas en materia de política cambiaria se sucedieron hasta diciembre de 1994 cuando, nuevamente después de importantes presiones especulativas, se abandonó un régimen de desplazamiento controlado del tipo de cambio que se había instaurado para proveer un alto grado de certidumbre a las operaciones comerciales y financieras. A partir de esa fecha y hasta la actualidad el intercambio de divisas en la economía mexicana se desarrolla bajo un esquema de libre flotación.

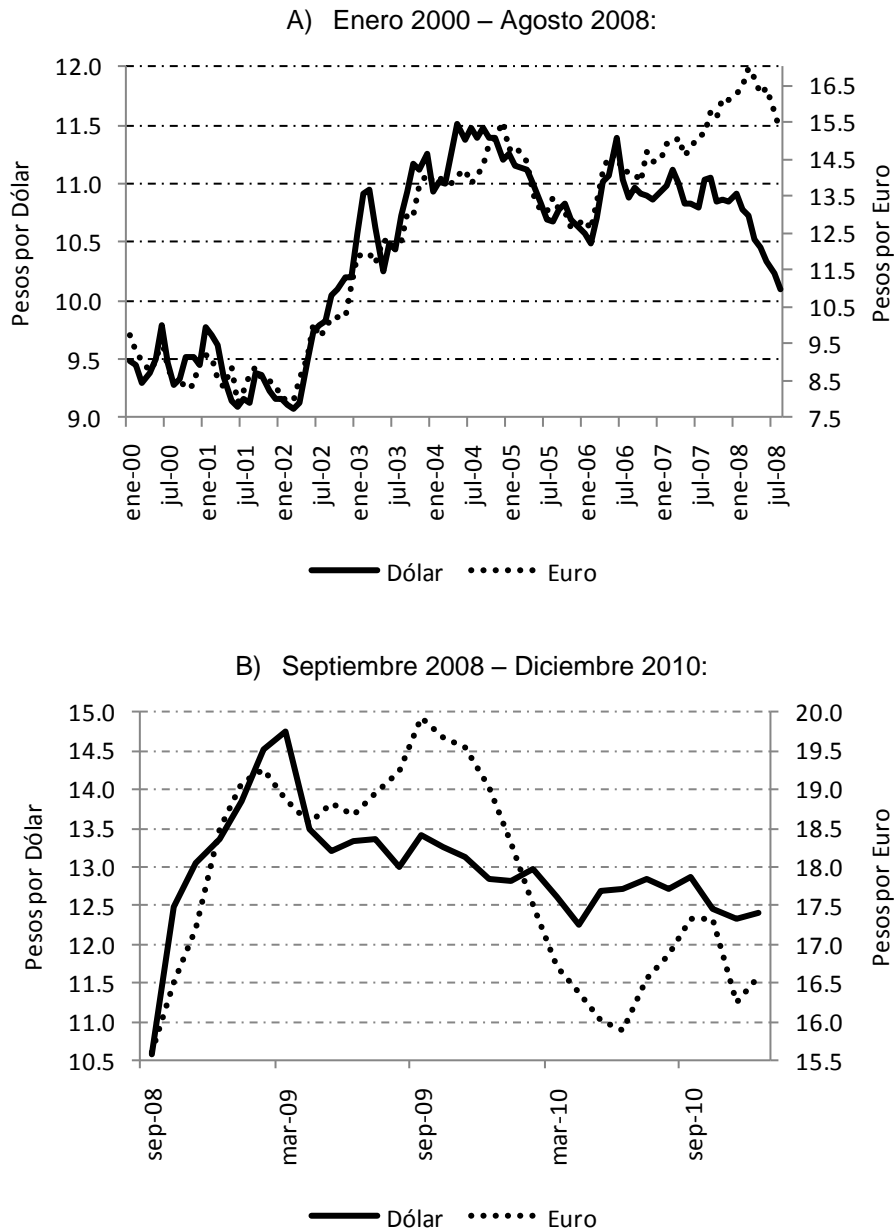
En estas circunstancias las fluctuaciones del tipo de cambio pueden ser considerables, como las depreciaciones que se presentaron entre 1997 y 1998 (37%, entre octubre de 1997 y septiembre de 1998), 2001 y 2003 (27%, entre mayo de 2001 y noviembre de 2003) o la dramática depreciación que se registró entre el segundo semestre de 2008 y marzo de 2009 (casi 55% en términos nominales, de 9.92 el 5 de agosto de 2008 a 15.36 el 2 de marzo de 2009⁴²).

Este panorama, si bien es distinto al de las crisis devaluatorias del pasado, aún conlleva un elemento importante de incertidumbre sobre el tipo de cambio que puede impactar considerablemente la actividad de una economía donde el

⁴² Porcentajes calculados con información estadística del Banco de México.

comercio exterior equivale a más del 60% del Producto Interno Bruto y que además se caracteriza por una importante rigidez exportadora⁴³.

Gráfica 2.1 Tipo de cambio en México, 2000-2010
(Cotización promedio mensual, venta)



Fuente: Elaborado con información de INEGI, Banco de Información Económica.

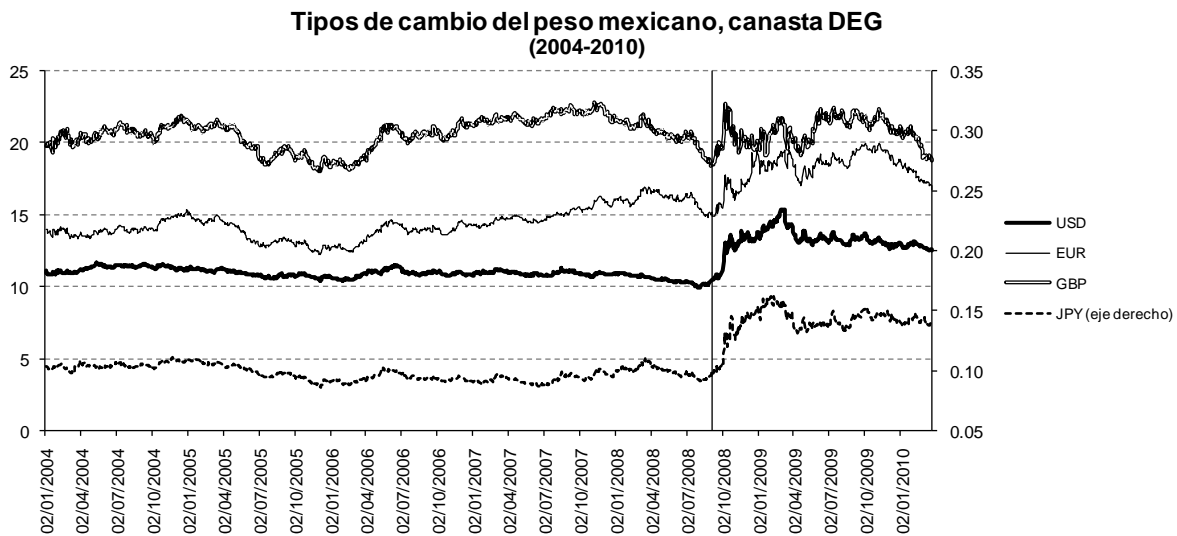
⁴³ Definida como la dificultad para redirigir su producción exportable hacia el consumo interno o hacia un destino comercial distinto.

Durante el periodo de estudio de esta investigación (2000-2010) se han registrado periodos de volatilidad cambiaria que van de baja a muy alta tanto en las cotizaciones del peso mexicano frente al dólar como en referencia al euro. Tal fuente de riesgo da origen a la necesidad de proponer estrategias de cobertura diferenciadas de modo que se adecúen a cada escenario.

En un contexto de un régimen cambiario de libre flotación, los intercambios comerciales y financieros están sujetos a fluctuaciones importantes que afectan los escenarios de planeación de los agentes económicos. Como se aprecia en la gráfica siguiente, a principios de septiembre de 2008 se rompió un patrón de relativa estabilidad cambiaria para el peso mexicano llevando al tipo de cambio a un periodo donde no sólo el peso se depreció sino donde la volatilidad de las cotizaciones fue considerablemente mayor.

Gráfica 2.2 Cambio estructural en la serie estadística del tipo de cambio

(enero 2004 – agosto 2008 – febrero 2010).



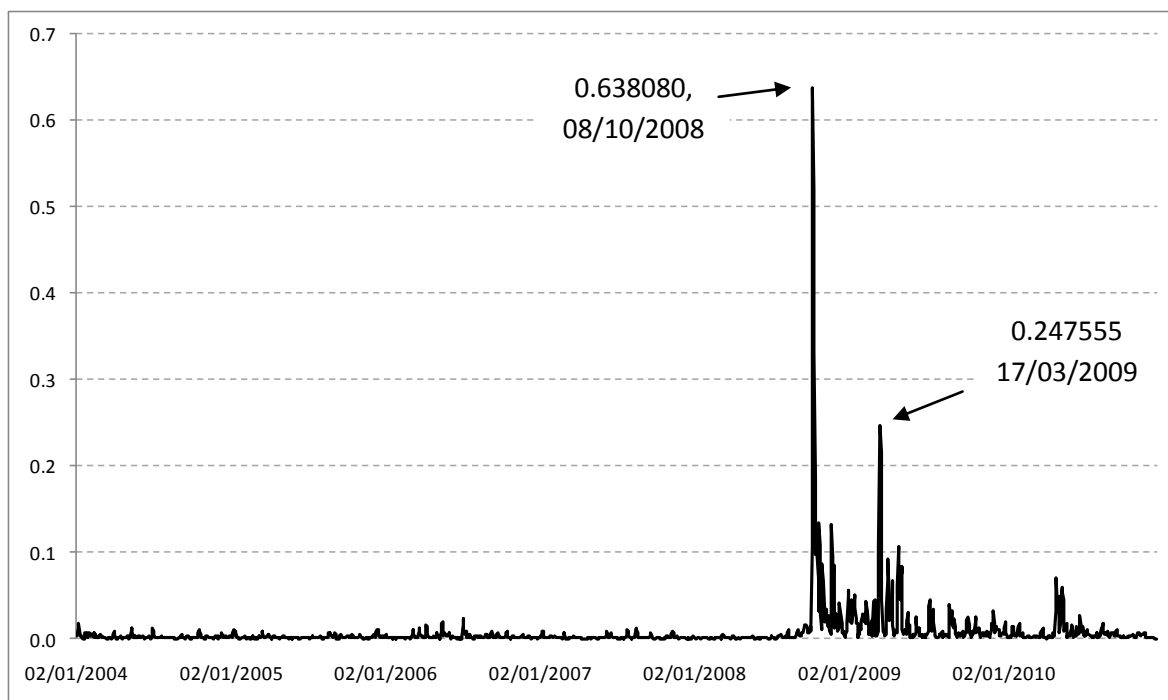
Fuente: Elaborado con información de Banco de México.

Tabla 2.1 Indicadores estadísticos de las series de tipo de cambio en México, enero 2004 – agosto 2008 – febrero 2010

	USD		EUR	
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 1	Periodo 2
Media	10.93	13.18	14.35	18.22
Desv. Est.	0.32	0.83	1.06	1.13
Var	0.10	0.70	1.12	1.27
Min	9.92	10.39	12.23	14.88
Max	11.63	15.37	16.94	19.97

Este tipo de variaciones pueden calificarse como un cambio estructural en las series del tipo de cambio en el que se distingue un desplazamiento de sus medias y varianzas de manera posterior a agosto de 2008.

Gráfica 2.3 Volatilidad del tipo de cambio en México, 2004-2010
(Varianza semanal de las cotizaciones diarias MXN/USD*)



* Cinco días, incluye la fecha de cálculo.

Fuente: Elaboración propia con información de Banco de México.

2.2 Orientación económica al exterior

Por su parte, la década de los ochenta marcó el inicio de una decidida transformación de la economía mexicana desde un esquema industrializador con énfasis en el impulso la producción manufacturera y donde el comercio exterior estaba considerablemente contenido (de hecho, se le conoció como modelo de *Sustitución de Importaciones*) hacia una marcada orientación a la apertura económica y el fomento a las actividades exportadoras (que constituye un modelo de desarrollo basado en el *crecimiento hacia afuera*).

La adhesión al GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio, por sus siglas en inglés) en 1986 y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1993 constituyen dos ejemplos emblemáticos del nuevo esquema de liberalización y apertura económicas en donde las actividades exportadoras, principalmente de manufacturas, tendrían un papel central.

La economía mexicana se convertía así en una donde el intercambio con el exterior representa un motor del crecimiento. En concordancia con ello, la política de apertura comercial ha conducido a obtener una de las economías de mayor apertura económica del mundo. Actualmente se encuentran vigentes 1,270 tratados con el exterior en materia económica y de inversiones así como de comercio internacional con una vasta red de regiones en el mundo (América del norte, Centro y Suramérica, Europa y Asia) a la vez que es miembro de múltiples organismos internacionales donde el impulso al comercio es uno de los principales objetivos (como la Asociación Latinoamericana de Integración, el Área de Libre Comercio de las Américas, el Mecanismo de Cooperación Asia-Pacífico, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la Organización Mundial del Comercio).

Tabla 2.2 Comercio exterior en México como porcentaje del PIB, 2009-2010*

Trimestre	PIB	Importaciones	Exportaciones	Suma	% del PIB
2009 I	8,071,420	2,218,259	2,113,410	4,331,670	53.7
2009 II	8,177,724	2,263,105	2,183,601	4,446,706	54.4
2009 III	8,512,165	2,548,299	2,319,973	4,868,272	57.2
2009 IV	8,833,689	2,786,892	2,655,699	5,442,591	61.6
2010 I	8,441,345	2,667,214	2,604,550	5,271,763	62.5
2010 II	8,801,612	2,983,059	2,915,697	5,898,757	67.0
2010 III	8,961,943	3,122,512	2,756,188	5,878,700	65.6

* Cifras preliminares en millones de pesos a precios de 2003.

Fuente: Elaborado con información de INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Bajo tales circunstancias un número considerable de empresas mexicanas se encuentran ligadas a valuaciones de bienes en servicios cuyo estándar se encuentra lógicamente en monedas *duras* como el dólar o el euro.

Tabla 2.3 Empresas relacionadas con el comercio exterior en México, 2011

Empresas que exportan	Empresas que importan
15,786	25,336

Fuente: Sistema de Información Empresarial Mexicano.

Por esta razón sus valuaciones financieras presentes así como sus esquemas de planeación son sensibles a las fluctuaciones del tipo de cambio relevante para sus

contratos y es esta exposición la que exige el establecimiento de mecanismos de cobertura en el tiempo.

Tabla 2.4 Perfil comercial de México (OMC, fragmento)

Marzo 2011

México				
INDICADORES BASICOS				
Población (miles, 2009)	107 431	Lugar en el comercio mundial, 2009		
PIB (millones corr. USD, 2009)	874 810	Exportaciones	Importaciones	
PIB (millones corr. PPP USD, 2009)	1 540 042	Mercancías	15	16
Saldo cuenta corriente (millones USD, 2009)	- 6 229	excluyendo comercio intra-UE	10	10
Comercio per capita (USD, 2007-2009)	5 451	Servicios comerciales	40	34
Razón Comercio/PIB (2007-2009)	58.2	excluyendo comercio intra-UE	23	21
<i>Cambio porcentual anual</i>				
	2009	2000-2009	2008	2009
PIB Real (2000=100)	113	1	1	-7
Exportaciones de bienes y servicios (volumen, 2000=100)	120	2	0	-15
Importaciones de bienes y servicios (volumen, 2000=100)	122	2	3	-18
COMERCIO DE MERCANCÍAS				
	<i>Valor</i>	<i>Cambio porcentual anual</i>		
	2009	2000-2009	2008	2009
Exportaciones, f.o.b. (millones USD)	229 712	4	7	-21
Importaciones, c.i.f. (millones USD)	241 515	3	10	-24
	2009			2009
Participación en las exportaciones mundiales	1.83	Participación en las importaciones mundiales		1.90
Proporción de las exportaciones totales		Proporción de las importaciones totales		
Por grupo principal de mercancías		Por grupo principal de mercancías		
Productos agrícolas	6.8	Productos agrícolas		
Combustibles y minerales	15.8	Combustibles y minerales		
Manufacturas	75.1	Manufacturas		
Por destino principal		Por origen principal		
1. Estados Unidos	80.7	1. Estados Unidos		
2. Unión Europea (27)	5.1	2. China		
3. Canadá	3.6	3. Unión Europea (27)		
4. Colombia	1.1	4. Japón		
5. Brasil	1.1	5. República de Corea		
COMERCIO DE SERVICIOS				
	<i>Valor</i>	<i>Cambio porcentual anual</i>		
	2009	2000-2009	2008	2009
Exportaciones (millones USD)	15 420	1	5	-17
Importaciones (millones USD)	21 402	3	8	-14
	2009			2009
Participación en las exportaciones mundiales	0.46	Participación en las importaciones mundiales		0.67
Proporción de las exportaciones totales		Proporción de las importaciones totales		
Por servicios principales		Por servicios principales		
Transporte	10.5	Transporte		
Viajes	73.1	Viajes		
Otros servicios comerciales	16.4	Otros servicios comerciales		
Abreviaturas:				
NMF	Nación más favorecida			
PIB	Producto Interno Bruto			
PPP	Paridad del Poder Adquisitivo			
UE	Unión Europea			

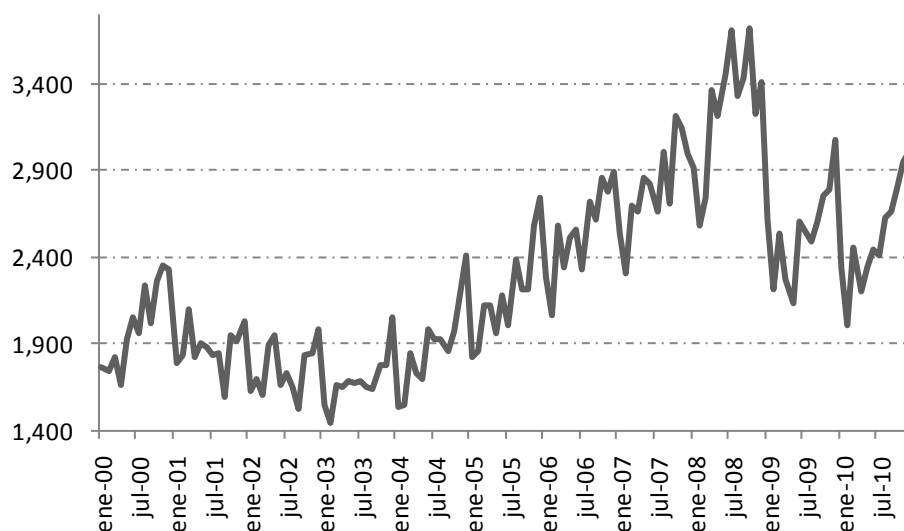
Fuente: Fragmento traducido de OMC, Statistics Database.

También es importante destacar elementos con un gran impacto en los esquemas de planeación de la actividad económica en México como es el importante monto de recursos que se destinan a la adquisición de bienes de capital importados, cuya valuación en dólares es una práctica preponderante.

Siguiendo una tendencia de crecimiento sostenida desde 2004, estas importaciones alcanzaron una cifra récord de más de 39 mil millones de dólares durante 2008. De este modo las fluctuaciones bruscas registradas en el tipo de cambio a finales de 2008 constituyeron una fuente importante de riesgo para los adquirientes no cubiertos. No es de extrañar la considerable reducción en las importaciones de capital que sucedieron ese episodio de elevada volatilidad cambiaria y que refleja un obstáculo relevante para el patrón de crecimiento y desarrollo de la economía mexicana.

Desde esta óptica, se considera que la deficiencia en la cobertura de riesgos, en este caso de cambio, da origen a severas ineficiencias en la economía con efectos en el mediano y largo plazos.

Gráfica 2.4 Importaciones de bienes de capital en México, 2000-2010
(millones de dólares)



Fuente: Elaborado con información de INEGI, Banco de Información Económica.

Complementariamente, debe anotarse el hecho de que en concordancia con la estructura de la política monetaria vigente, en 2008 el Banco de México se vio obligado a elevar las tasas de interés (la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio aumentó hasta 81 puntos base para diciembre de ese año). De este modo también se verían afectados los usuarios de crédito no cubiertos a través de las estrategias financieras pertinentes agravando aún más el potencial impacto de la fluctuación cambiaria sobre la actividad económica.

La concentración de las exportaciones no petroleras hacia los Estados Unidos es evidente (casi del 80% del total) en tanto que las importaciones mexicanas

proceden de un grupo más diverso de países, donde la región de la Eurozona⁴⁴ ha adquirido mayor relevancia en el agregado y, sin duda, ostenta un papel importante para empresas individuales que estarán interesadas en la cobertura de su riesgo cambiario en relación a la cotización del euro.

Tabla 2.5 Comercio exterior en México por región, 2010*

	Monto	%
Exportaciones**	256,678,822	100.0
TLCAN	213,895,171	83.3
Estados Unidos	203,838,469	79.4
Eurozona	8,286,108	3.2
Importaciones**	271,270,651	100.0
TLCAN	130,813,779	48.2
Estados Unidos	122,598,362	45.2
Eurozona	24,364,818	9.0

* Cifras preliminares en miles de dólares.

** No petroleras.

Fuente: Elaborado con información de INEGI, Banco de Información Económica.

Según información de la Secretaría de Economía⁴⁵, México ocupa el lugar 18 como exportador para la Unión Europea y el 24 como importador, en tanto que la Unión Europea es el segundo destino para las exportaciones mexicanas y el segundo origen de inversión extranjera en México. De 1999 al 2010, la Inversión Extranjera Directa de la Unión Europea en México alcanzó los 96,924 millones de dólares, en sectores como industria manufacturera, servicios financieros y restaurantes y hoteles.

2.3 Monedas predominantes en el comercio internacional y en los mercados de derivados

Es de destacar el hecho de que las opciones sobre divisas son susceptibles de ser negociadas tanto *OTC* como en mercados organizados y cuentan ya con una

⁴⁴ Compuesta actualmente por Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Malta y Portugal.

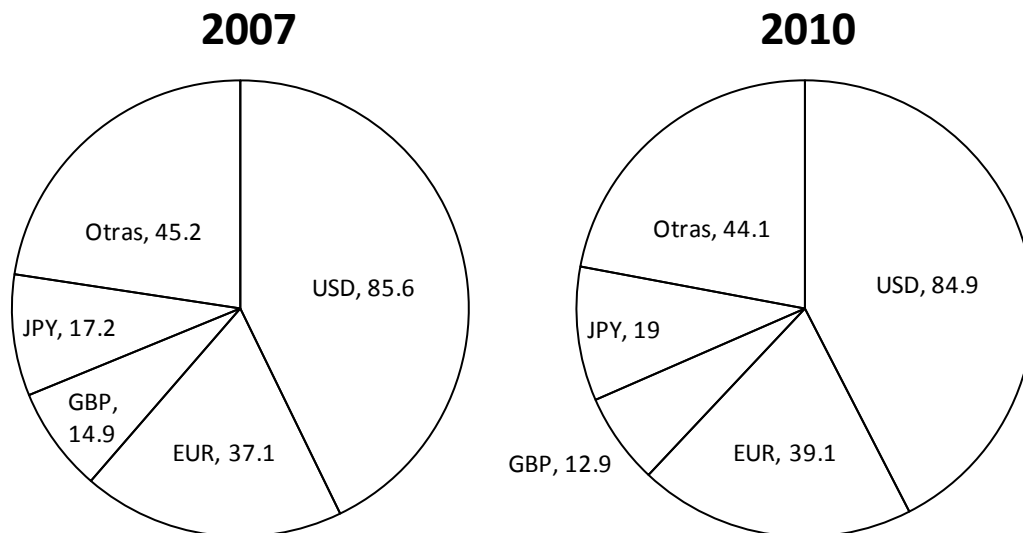
⁴⁵ Secretaría de Economía (2011, p. 2).

importante experiencia de operación⁴⁶ en los principales mercados financieros del mundo.

El intercambio de las opciones asociadas al tipo de cambio presenta una obvia concentración en divisas dominantes del comercio y el intercambio financiero internacionales. Sólo agentes con un particular interés en el aprovechamiento de las variaciones de corto y mediano plazos en los tipos de cambio estarían dispuestos a utilizar opciones con tipos de cambio distintos a los de la moneda de uso corriente en cada economía o con referencia a monedas con una menor prevalencia comercial.

El reporte del Banco de Pagos Internacionales para 2010⁴⁷ indica que si bien el dólar estadounidense continúa siendo la moneda preeminente en términos de las transacciones internacionales, su participación proporcional ha descendido desde 90% del total de transacciones en 2001 hasta 84.9% en 2010 en tanto que se amplió el uso de monedas como el euro y el yen en el mismo periodo.

Gráfica 2.5 Principales divisas internacionales⁴⁸
(porcentaje de las transacciones mundiales diarias en abril⁴⁹)



Fuente: Elaborado con información de Bank for International Settlements. *Triennial Central Bank Survey Report on global foreign exchange market activity in 2010*. P. 13.

⁴⁶ Que se remonta a 1982 en el Philadelphia Stock Exchange.

⁴⁷ Bank for International Settlements (2010).

⁴⁸ Se usan los códigos del estándar internacional ISO 4217 para el dólar estadounidense (USD), el euro (EUR), la libra esterlina (GBP) y el yen japonés (JPY). International Organization for Standardization.

⁴⁹ Debido a que en cada transacción están involucradas dos divisas, la suma de transacciones para cada divisa individual cuenta como el doble del monto de cada transacción y, por ello, los porcentajes suman 200.

En materia de las principales divisas utilizadas en los mercados de derivados del mundo, existe una elevada correspondencia con su frecuencia de uso en las transacciones comerciales. El dólar estadounidense y el euro suman poco más del 61% del interés abierto en esos instrumentos.

Tabla 2.6 Interés abierto en derivados OTC sobre divisas, cuarto trimestre 2010

(Valor notional en miles de millones de USD)

	Dic 2008	Jun 2009	Dic 2009	Jun 2010	Dic 2010
Dólar EU	42,451	40,735	40,921	45,338	48,739
Euro	21,146	20,653	20,364	19,993	21,930
Yen	12,327	11,436	11,238	11,843	12,576
Libra esterlina	5,606	6,213	5,929	6,592	6,587
Franco suizo	3,252	3,072	3,106	3,825	4,196
Dólar australiano	1,586	1,741	2,325	2,449	3,186
Dólar canadiense	1,697	1,735	1,858	2,228	2,421
Corona sueca	1,262	1,255	1,309	1,370	1,588
Dólar de Hong Kong	856	422	297	335	379
Corona danesa	219	203	213	215	242
Corona noruega	369	223	238	247	232
Dólar de Nueva Zelanda	28	15	11	14	15
Baht tailandés	3	2	2	1	2
Otras	9,282	9,758	10,551	11,797	13,502
Suma⁵⁰	50,042	48,732	49,181	53,125	57,798

Fuente: Elaborado con información de Bank for International Settlements, Ibid.

2.4 Arranque de los derivados: los futuros y forwards en México

En México la presente etapa de operaciones con futuros (después de ser interrumpidas en 1987) inicia con la puesta en marcha del Mercado Mexicano de Derivados S.A. de C.V. (MexDer) en diciembre de 1998. De manera similar, los contratos *forward* reiniciaron en México de acuerdo a un nuevo marco normativo emitido en marzo de 1995. La libre flotación del tipo de cambio es un factor que incentiva el uso de estos instrumentos derivados en una economía donde, como se ha señalado, el comercio internacional, especialmente con los Estados Unidos, es determinante en su desempeño general.

⁵⁰ La suma refleja el hecho de que se trata de instrumentos cruzados en relación a las divisas.

En concordancia con las tendencias internacionales, a partir del año 2000 las operaciones en el MexDer se realizan a través de un sistema electrónico (SENTRA© Derivados) permitiendo la agilización y automatización de operaciones. Este sistema sustituye la anterior práctica de instrucciones a viva voz (*open-outcry system*).

Cuadro 2.1 Características de los contratos de futuros de divisas en México

Características del Contrato	FUTUROS SOBRE DIVISAS	
	Dólar de los Estados Unidos de América	Euro: moneda de curso legal de la Unión Monetaria Europea
	DA (Liquidación en especie)	EURO
Tamaño del contrato	\$10,000.00 Dólares americanos.	10,000.00 Euros.
Periodo del contrato	Ciclo mensual hasta por tres años.	Ciclo mensual hasta por un año.
Clave de pizarra	DA más mes y año de vencimiento:	EURO más mes y año de vencimiento:
	DA MR06 (marzo de 2006)	EURO MR06 (marzo de 2006)
Unidad de cotización	Pesos por Dólar.	Pesos por Euro.
Fluctuación mínima	0.0001 pesos, valor de la puja por contrato 1.00 pesos.	0.0001 pesos, valor de la puja por contrato 1.00 pesos.
Horario de negociación	7:30 a 14:00 horas tiempo de la Cd. de México.	7:30 a 14:00 horas tiempo de la Cd. de México.
Último día de negociación y vencimiento	Lunes en la semana que corresponda al tercer miércoles del mes de vencimiento y si fuera inhábil sería el día hábil inmediato anterior.	Dos días hábiles antes de la fecha de liquidación.
Liquidación al vencimiento	Segundo día hábil siguiente a la fecha de vencimiento.	Tercer miércoles hábil del mes de vencimiento.

Fuente: MexDer.

2.5 Inserción de las opciones financieras

Ante escenarios de volatilidad cambiaria como los que se han mostrado resulta relevante la comprensión de las herramientas que el Mercado Mexicano de Derivados actualmente ofrece al público para enfrentar el riesgo de cambio como los contratos de opciones cuyo subyacente es actualmente el dólar estadounidense.

Aunque el Mercado Mexicano de Derivados inició operaciones el 15 de diciembre de 1998, no fue sino hasta el 22 de marzo de 2004 cuando se inició la operación con opciones financieras y sólo a partir del 27 de julio de 2006 cuando se publicó el contrato de opciones sobre el dólar de los Estados Unidos. Sin embargo, para el

caso del euro, sólo se operan contratos de futuros a partir del 5 de octubre de 2005.

Cuadro 2.2 Características de los contratos de opciones sobre divisas en México

Características del contrato	OPCIONES SOBRE DIVISAS
	Dólar de los Estados Unidos de América (Liquidación en especie)
Tamaño del contrato	\$10,000.00 Dólares americanos.
Periodo del contrato	Trimestral.
Clave de pizarra	Activo subyacente más precio de ejercicio más tipo de contrato y mes de vencimiento.
	DA11250C (Opción CALL con vencimiento en Marzo con precio de ejercicio 11.250)*.
Unidad de cotización	Pesos por Dólar.
Fluctuación mínima	\$0.001 (Una milésima de Peso).
Horario de negociación	7:30 a 14:00 horas tiempo de la Cd. de México.
Último día de negociación y vencimiento	El día de vencimiento del contrato de futuro mensual sobre el Dólar listado en MexDer para el mes de vencimiento de la Serie correspondiente.
Liquidación al vencimiento	Segundo día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.

*Ver Anexo II.

Fuente: MexDer.

Tabla 2.7 Opciones en el mercado mexicano de derivados por subyacente, 2010

Subyacente	Volumen	%
IPC	147,411	19.19
Dólar EUA	963	0.13
AMERICA MOVIL L	178,817	23.28
CEMEX CPO	119,694	15.58
WALMEX V	204,969	26.68
TLEVISA CPO	25,543	3.32
GMEXICO B	61,159	7.96
TELMEX L	28,608	3.72
BRTRAC	10	0.00
NAFTRAC 02	1,080	0.14
Total	768,254	100.00

Fuente: MexDer, Estadísticas 2010.

La penetración de las opciones como instrumentos de cobertura en el mercado mexicano aún es incipiente. Representó el 0.13% del volumen de opciones financieras operadas durante 2010. El uso de estos instrumentos, en cambio, está

notablemente concentrado en un pequeño grupo de emisiones accionarias individuales (el 65% del total de contratos de opción se concentra en sólo tres emisoras).

Tabla 2.8 Negociación de opciones OTC sobre divisas por país y contraparte, abril de 2010

(promedios diarios en millones de dólares, países seleccionados)

	Total	Reporting dealers		Otras instituciones financieras		Usuarios no-financieros	
		Local	Cross-border	Local	Cross-border	Local	Cross-border
Alemania	5,189	527	2,506	501	549	411	695
Australia	1,864	116	1,059	158	337	126	67
Brasil	841	6	71	11	694	28	32
Canadá	2,232	114	1,535	20	330	125	108
Chile	2	1	0	1	...
China	91	0	42	...	21	28	...
Corea	161	13	105	0	7	37	...
Dinamarca	2,637	224	1,427	37	341	108	501
Estados Unidos	39,479	1,216	12,421	7,718	9,524	1,819	6,782
Francia	6,250	102	4,751	480	579	209	129
Hong Kong SAR	7,654	432	3,874	86	1,629	1,174	459
India	1,325	127	214	30	...	954	...
Japón	8,747	618	3,273	1,484	1,738	1,332	303
México	181	2	96	33	39	10	1
Reino Unido	135,399	15,926	30,704	49,538	29,236	3,476	6,518
Singapur	15,941	267	8,613	407	3,711	620	2,321
Otros	18,862	1,124	8,493	730	3,505	2,936	2,075
Total	246,856	20,814	79,184	61,235	52,240	13,393	19,989

Fuente: Elaborado con información de Bank for International Settlements.

Esto contrasta con las estadísticas mundiales sobre el uso de las opciones financieras donde se aprecia que los contratos sobre divisas son el segundo tipo más recurrido, superando por mucho a las opciones sobre acciones.

Tabla 2.9 Contratos de opción en el mundo por subyacente

(Interés abierto OTC, valor notional en miles de millones de dólares)

Subyacente	Dic 2008	Jun 2009	Dic 2009	Jun 2010	Dic 2010
Tasas de interés	49,968	48,513	48,808	48,081	49,295
Divisas	10,608	10,555	9,543	11,153	10,092
Acciones	4,844	4,906	4,285	4,506	3,807
Mercancías	1,561	1,479	846	883	744
Total	66,981	65,453	63,482	64,623	63,938

Fuente: Elaborado con información de Bank for International Settlements.

Tabla 2.10 Interés abierto en contratos OTC de opción sobre divisas en el mundo, Diciembre de 2010

(valor nocional en millones de dólares)

	Dic 2010
Dólar EU	8,066,396
Euro	3,520,838
Yen	3,418,672
Libra esterlina	728,752
Franco suizo	947,226
Dólar australiano	568,057
Dólar canadiense	237,981
Corona sueca	110,281
Dólar de Hong Kong	84,603
Corona danesa	19,236
Corona noruega	14,529
Dólar de Nueva Zelanda	2,526
Otras	2,465,759
Suma⁵¹	10,092,428

Fuente: Elaborado con información de Bank for International Settlements.

A pesar de los potenciales beneficios en el uso de instrumentos derivados como las opciones sobre tipos de cambio, algunos análisis sobre la escasa participación en los mercados financieros como el de Paiella (2001) han llevado a concluir que los instrumentos financieros sólo son utilizados por los agentes económicos que encuentran en ellos un beneficio superior a un umbral mínimo.

Adicionalmente Paiella (2001) señala que la presencia de costos de transacción en el acceso a los instrumentos financieros implica un elemento que incrementa el límite superior de este umbral de participación. En otras palabras, si para los operadores financieros el uso de opciones de tipo de cambio trae consigo diversos costos de transacción como la capacitación en su uso (o la contratación directa o indirecta de profesionales capacitados en la materia) o la instalación de sistemas operativos y de control así como otros costos de entrada, la suma de todos estos debe ser superada por los beneficios esperados para que se materialice el uso de dichas opciones financieras.

Estas consideraciones son válidas para el mercado mexicano de derivados ya que además de su reciente creación, existen elementos adversos en la historia reciente de los derivados financieros en México que han afectado la percepción sobre su utilidad y riesgo asociado y, por tanto, han elevado el umbral mínimo de beneficios para su uso. Esto se ha reflejado incluso en modificaciones a la regulación del Mercado de Valores vigente:

⁵¹ La suma refleja el hecho de que se trata de instrumentos cruzados en relación a las divisas.

“...no se deben ignorar las señales que hemos recibido en fechas recientes: una fuente de riesgo para el sector financiero mexicano es la combinación de prácticas irresponsables y poco éticas, malas estrategias financieras, elevada volatilidad y vacíos de regulación y supervisión relacionados con operaciones con derivados financieros. Estas operaciones han afectado no únicamente a las entidades que las realizaron, sino también a sus socios comerciales y al público inversionista. Esto, podría impactar negativamente al conjunto del sector financiero y transmitirse al sector real de la economía.”⁵²

Ejemplos malogrados en el uso de instrumentos financieros por parte de empresas mexicanas⁵³ han contribuido, sin duda, a mantener el umbral mínimo de beneficios en un nivel alto:

“...la creciente complejidad de algunos de los derivados financieros creados, cada vez más riesgosos y más difíciles de regular, puede provocar que las ventajas que ofrecen se transformen en desventajas para la totalidad del sistema; máxime cuando son empleados como medios para obtener ganancias rápidas en periodos de elevada volatilidad.”⁵⁴

Tabla 2.11 Empresas mexicanas expuestas a efectos negativos por derivados, octubre de 2008

Empresa	Pérdida o pago por derivados*
Comercial Mexicana	1,080
Gruma	684
Vitro	227
Alfa	191
Grupo Industrial Saltillo	600
Bachoco	50
Autlán	45
Grupo Posadas	25

* en millones de dólares.

Fuente: Martínez, J.M. (2008) con información de la Bolsa Mexicana de Valores, Banamex Accival y Fitch Ratings.

⁵² Exposición de Motivos del Decreto de Reforma a la Ley del Mercado de Valores publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 2009, p.166.

⁵³ Quizá el más emblemático es el caso de Controladora Comercial Mexicana S.A.B. de C.V., la cual involucró sus activos disponibles en tesorería en operaciones especulativas que pretendían obtener ganancias en el mercado de divisas a través de instrumentos derivados. Estas operaciones eventualmente se deterioraron y llevaron a la controladora a solicitar la declaratoria de concurso mercantil en octubre de 2008, hecho que tuvo un grave impacto mediático en contra de las operaciones con instrumentos financieros derivados y la regulación asociada.

⁵⁴ Exposición de Motivos del Decreto de Reforma a la Ley del Mercado de Valores. *Ibíd.*

Otro de los ajustes a la regulación aplicable a los derivados sobre divisas se dio en diciembre de 2005 con la publicación de las *Disposiciones de carácter general en materia de usos y prácticas financieras relativas a las recomendaciones que formulen entidades financieras para la celebración de operaciones con valores e instrumentos financieros derivados* por parte de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores. Dichas disposiciones buscan esencialmente restringir el aprovechamiento de posiciones con información privilegiada y los conflictos de interés al interior de las estructuras organizacionales de las entidades del sistema financiero que fungen como agentes en las operaciones con instrumentos derivados.

De este modo se imponen reglas prudenciales sobre puestos clave en dichas entidades y se establecen fronteras claras entre las unidades de negocio involucradas en la emisión de recomendaciones sobre el uso de derivados financieros. Se trata, así, de un elemento del marco jurídico que contribuye a limitar las posibilidades para un uso especulativo ventajoso por parte de individuos con acceso a información relevante.

Esto representa un importante avance en la generación de certidumbre jurídica que se podría reflejar en un uso más intensivo de los contratos de opción por parte de empresas y agentes económicos con exposición al riesgo cambiario.

2.6 Estudios técnicos previos con aplicación al caso mexicano

En un ejercicio que incorpora la mayoría de los conceptos y temas hasta aquí señalados (aunque con metodologías particulares) Verschoor y Wolff (2001) estudian el caso del tipo de cambio entre el peso mexicano y el dólar estadounidense, la formación de expectativas y las implicaciones para la *FRUH*.

De forma similar a los casos arriba descritos Verschoor y Wolff descomponen el premio forward en dos componentes: un premio al riesgo y errores en las expectativas de los agentes. Este estudio reconoce la poca atención que en esta materia se ha prestado a países de menor ingreso en comparación con las mayores economías industrializadas del mundo.

El estudio tiene la virtud de partir de una base conceptual que distingue entre los efectos de eventos esperados y la aparición de información relevante que no es anticipada. En un marco tal, los eventos anticipados (o más precisamente, esperados) son *descontados* o compensados por los agentes económicos a través de un proceso de aprendizaje interactivo ya que de otra manera constituirían ventanas al arbitraje no aprovechadas. Este enfoque se conoce como el de *noticias* o de información relevante a la determinación del tipo de cambio

La práctica econométrica puede diseñar modelos de determinación del tipo de cambio a través de una selección metodológica para la generación de valores esperados de las variables relevantes. Sin embargo Verschoor y Wolff consideran

esta postura demasiado artificial por lo que prefieren la utilización de información estadística existente en la forma de datos de encuesta.

Entre las conclusiones destacables del estudio está el hecho de que las noticias sobre el diferencial de tasas de interés no indicaron tener un efecto significativo en la determinación del tipo de cambio mientras que se pudo confirmar la existencia de un considerable premio al riesgo con una varianza también grande asociada a repetidos periodos de inestabilidad.

Confirmaron también (sin que fuera un objetivo particular de su estudio) el comportamiento de *martingale* en las expectativas relevantes a la determinación del tipo de cambio⁵⁵ de manera que depreciaciones presentes conducían a los agentes a esperar futuras depreciaciones en sus horizontes de 3, 6 y 12 meses. Las perturbaciones tienen, pues, un importante grado de persistencia⁵⁶.

Este estudio utiliza información recopilada por Business International desde 1985 en la que mensualmente se consulta a los participantes sobre sus expectativas de valuación para el tipo de cambio en horizontes de 3, 6 y 12 meses adelante. Al mismo tiempo se registró el tipo de cambio *spot* en la fecha del levantamiento. En 1988 se adicionaría a la encuesta la consulta sobre expectativas en materia de las tasas de interés con los mismos periodos de anticipación. Los efectos de proyecciones extremas fueron tratados a través de proyecciones basadas en medias geométricas.

La descomposición del premio forward procede de la misma manera como se expresa en la ecuación (1.30) excepto por que la base (diferencia entre el tipo de cambio *forward* y el tipo *spot*) se formula a través de una relación no contemporánea:

$$f_{t+k} - s_t = \Delta s_{t+k}^e + \rho_t^k \quad (2.1)$$

con k periodos de anticipación (p. ej. $k = 3, 6$ o 12).

La información recopilada indicaba que entre 1988 y 1992 había expectativas devaluatorias y que, de forma muy interesante sobre todo por lo que implica para la teoría *FRUH*, la dispersión de la tasa media esperada de depreciación medida a través de su desviación estándar se reducía para horizontes más largos. Además, la presencia de un premio al riesgo de cambio se confirmaba al encontrar que las tasas esperadas promedio de devaluación⁵⁷ eran inferiores en magnitud al compararse con el promedio del premio *forward* detectado en las series de tiempo.

⁵⁵ Lo que se conoce como modelos extrapolativos.

⁵⁶ En econometría de series de tiempo esta condición se conoce como series con *memoria*.

⁵⁷ Durante ese periodo México tuvo un tipo de cambio controlado y de deslizamiento o *crawling peg* por lo que el término correcto es devaluación y no depreciación ya que esta última sólo corresponde a un entorno de libre flotación del tipo de cambio.

Los hallazgos de Verschoor y Wolff⁵⁸ nos permiten finalmente conectar muchas de las ideas que se han venido analizando en esta investigación. Sus resultados muestran que la desviación estándar de las tasas esperadas de devaluación es inferior a la desviación estándar del premio al riesgo y, dado que éste corresponde al diferencial de tasas de interés menos el cambio esperado en el tipo de cambio (despejando ρ de la ecuación (2.1)), un incremento en el diferencial de tasas de interés se asocia con un descenso en la depreciación esperada y un más que proporcional aumento del premio al riesgo.

Igualmente importante para el tema de la formación de expectativas son las conclusiones que obtuvieron para los horizontes de devaluación esperada. Los resultados del análisis empírico indican que las devaluaciones pasadas se extrapolan en las expectativas presentes constituyendo un modelo desestabilizador de perturbaciones persistentes en el tiempo. De acuerdo a Verschoor y Wolff una devaluación de 10% hoy conduce a una devaluación esperada de 12.1% para los siguientes 3 meses. Los agentes incurrirán en un efecto de *overshooting* (exacerbación) ya que intentarán vender cuando el precio de la moneda ya es de por sí bajo (ante la expectativa de reiteradas devaluaciones o depreciaciones) exagerando aún más la devaluación original.

A esta conducta que denominan *bandwagon* por las fluctuaciones desmedidas se la atribuye la generación de burbujas especulativas y periodos de pánico en los mercados cambiarios.

Otra aplicación que tomó en cuenta el caso de México es la de Klitgaard y Weir (2004) donde se asocian las posiciones observadas de los especuladores y la evolución real de los tipos de cambio observando que ambas están relacionadas de forma contemporánea. Sin embargo la información que aporta este estudio no es útil para generar proyecciones sobre el futuro comportamiento del tipo de cambio.

El espíritu de ese estudio se apoya en consideraciones como las que arriba se expusieron respecto de la capacidad de los agentes económicos para influir activamente en la evolución de las variables de su interés. En particular Klitgaard y Weir observan que los especuladores en los mercados de futuros de divisas, como un grupo agregado, cuentan con suficiente información para ajustar sus posiciones de manera que estas últimas pueden anticipar la dirección de los ajustes en los tipos de cambio.

El análisis de Klitgaard y Weir redimensiona el efecto del flujo de información y de las *noticias* sobre los patrones de conducta de los agentes participantes en los mercados de divisas quienes, sin necesidad de un acuerdo integrador ni de una reacción deliberada, pueden modificar las tendencias en el comportamiento de las series.

⁵⁸ Verschoor y Wolff, (2001, p. 161).

III. Herramientas Financieras. Diseño de estrategias de cobertura con opciones sobre divisas

Este capítulo se dedica, desde un punto de vista teórico, a la exposición detallada de una gama de alternativas estratégicas para el uso de opciones financieras en contextos específicos de riesgo y expectativas en el mercado de divisas.

3.1 Formación de estrategias de cobertura

Los elementos fundamentales para el diseño de estrategias complejas de cobertura del riesgo de cambio a través de opciones financieras residen en una clara comprensión de herramientas como los *spread* o las combinaciones de opciones y, particularmente, de los escenarios en los que se puede obtener el mayor beneficio de su aplicación. A continuación se detallan las características de tales herramientas y se distinguen las condiciones del mercado cambiario que hacen eficiente el uso de cada una de ellas.

3.1.1 Spreads

3.1.1.1 Vertical Bull Spread

Surge de la expectativa de alza moderada en la cotización del tipo de cambio *spot* relevante (apreciación de la divisa). Esta estrategia consigue establecer un límite a las pérdidas posibles a cambio de ganancias también limitadas.

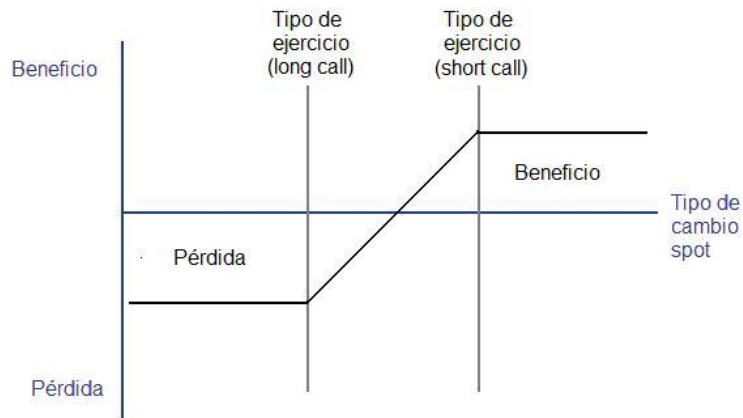
3.1.1.1.1 *Bull spread* con opciones *call*

La estrategia se compone por la compra de una opción *call* a un precio de ejercicio s y la venta de una opción *call* por un monto de divisas igual y con la misma fecha de vencimiento pero a un precio de ejercicio $s+m$, donde $m>0$.

Su principal aplicación se encuentra frente a la expectativa de una apreciación moderada de la divisa ya que una apreciación mayor, por ejemplo, implicaría un alto costo de oportunidad para el usuario al tener beneficios limitados (en comparación con una opción *long call*, por ejemplo).

Se trata de una estrategia que se clasifica como deudora (*debit spread*) debido a que, dado que el precio de ejercicio de la opción que se vende es mayor, en un escenario alcista la prima de la opción *short call* es menor que la de la opción *long call* lo que resulta en que inicialmente el usuario de la estrategia desembolsa la diferencia entre ambas primas.

Gráfica 3.1 Bull spread con opciones *call*



El punto de equilibrio se encuentra al sumar al precio de ejercicio de la opción *long call* la diferencia entre las primas de las dos opciones.

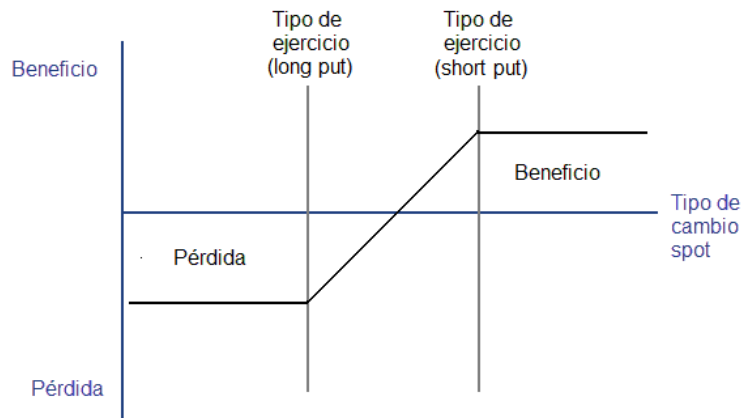
La máxima pérdida a la que se expone el usuario de esta estrategia equivale a la diferencia de las primas de las opciones (recordando que la prima de la opción *long call* significa para el usuario una salida de recursos) y se realiza cuando al vencimiento el tipo de cambio es igual o menor que el tipo de ejercicio de la opción *long call* ya que ninguna de las opciones se ejerce. De esta manera se acotan las posibles pérdidas ante un escenario de depreciación.

Similarmente, la máxima ganancia también está limitada a la diferencia entre los precios de ejercicio de las opciones menos la diferencia de las primas ya que, si el tipo de cambio *spot* es superior al precio de ejercicio de la opción *short call* ambas opciones serán ejercidas.

3.1.1.1.2 Bull spread con opciones *put*

Con una construcción similar, la estrategia para un diferencial alcista (*bull spread*) se puede generar mediante la compra de una opción *put* y la venta de otra opción *put* con un precio de ejercicio mayor.

La principal diferencia en comparación con una estrategia a partir de opciones *call* radica en que al hacer uso de opciones *put* en un escenario alcista las primas son mayores en la medida en que su precio de ejercicio sea mayor al tipo de cambio spot. De este modo la prima recibida por la opción *long put* es mayor que la prima pagada por la opción *short put* resultando en un ingreso inicial para el usuario. Por lo anterior se clasifica a este tipo de estrategias como acreedoras (*credit spreads*).

Gráfica 3.2 Bull spread con opciones *put*

3.1.1.2 Vertical Bear Spread

3.1.1.2.1 *Bear spread* con opciones *call*

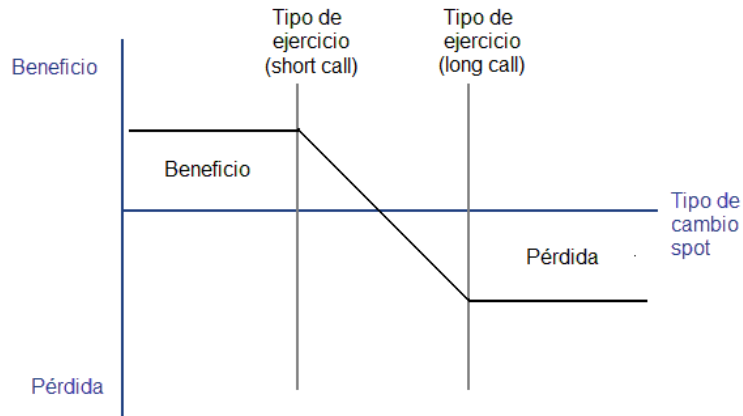
Se aplica cuando las expectativas se inclinan a un descenso en la cotización de la divisa (depreciación) y consiste en la venta de una opción *call* a un precio de ejercicio s y la compra de una opción *call* por un monto de divisas igual y con la misma fecha de vencimiento pero a un precio de ejercicio $s+m$, donde $m>0$.

Consistentemente con su estructura (que es exactamente opuesta a la de la estrategia *bull spread*), su principal aplicación se encuentra frente a la expectativa de depreciaciones moderadas de la divisa relevante.

La máxima pérdida que puede resultar de esta estrategia equivale a la diferencia entre los precios de ejercicio de las opciones más la diferencia de las primas y se presenta cuando el tipo de cambio spot es igual o mayor que el precio de ejercicio de la opción *long call*, escenario en el cual ambas opciones se ejercerán.

Por su parte, la máxima ganancia que se puede obtener de esta estrategia resulta de la diferencia de las primas y se realiza si, al vencimiento de las opciones, el tipo de cambio es inferior o igual al precio de ejercicio de la opción *short call*, caso en el que ninguna opción será exigida.

Gráfica 3.3 Bear spread con opciones *call*

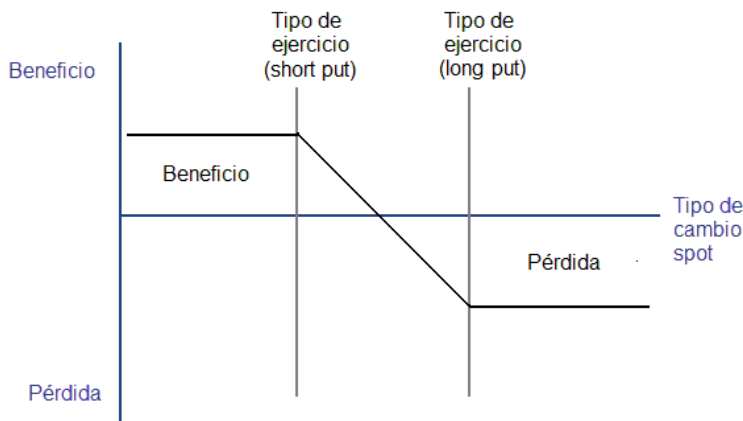


3.1.1.2 Bear spread con opciones *put*

De manera similar, consiste en la compra de una opción *put* a un precio de ejercicio s y la venta de otra opción *put* por el mismo monto de divisas pactada a la misma fecha de vencimiento pero a un precio de ejercicio $s-m$, donde $m > 0$.

La estrategia encuentra su éxito en el límite impuesto a las posibles pérdidas pese a que sus ganancias también tienen un límite definido.

Gráfica 3.4 Bear spread con opciones *put*



La mayor pérdida posible claramente consiste en la diferencia de primas al registrarse un tipo de cambio igual o superior al precio de ejercicio de la opción *long put* si las expectativas de depreciación de la divisa no se confirman. Por su parte, si la depreciación en realidad sucede, la máxima ganancia a la que puede

aspirar el usuario es igual a la diferencia de los precios de ejercicio de las opciones más la diferencia de las primas.

3.1.2 Combinaciones

Las combinaciones de opciones sobre divisas usan posiciones simultáneas de opciones *call* y *put* para constituir una posición que responda a las necesidades del usuario (sea coberturista o especulador). Se pueden construir a partir de opciones tanto de compra como de venta y la combinación, en sí misma, tendrá una posición resultante de acuerdo a las expectativas de los usuarios sobre la divisa involucrada.

Las combinaciones más conocidas en los mercados cambiarios son las de tipo *straddle* y *strangle*.

3.1.2.1 Straddle

La estrategia *straddle* está asociada a la volatilidad del tipo de cambio, su estructura depende de las expectativas sobre una posible variación repentina del tipo de cambio incluso si existe incertidumbre sobre la posible dirección de la misma (depreciación o apreciación). En términos sintéticos implica la compra (*long straddle*) o venta (*short straddle*) de un mismo número de opciones *call* y *put* con los mismos precios de ejercicio, *s*, y fechas de expiración.

Es una estrategia útil cuando se esperan variaciones en la volatilidad futura del tipo de cambio, ésta permite obtener beneficios a partir de los cambios en los precios del subyacente.

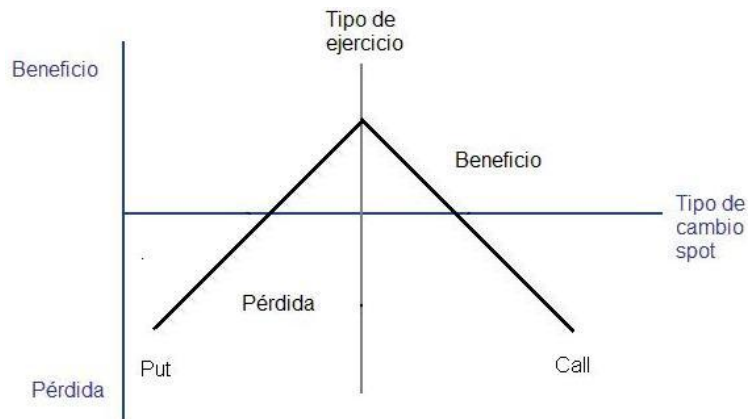
3.1.2.1.1 Short straddle

Es aplicable si las expectativas indican la reducción de la volatilidad y consiste en vender al mismo precio de ejercicio, *s*, una opción *put* y otra *call* (*short straddle*). De verificarse una mayor estabilidad en el tipo de cambio se espera que los contratos de opción venzan sin haberse ejercido y el vendedor conserve el premio tanto de las opciones *put* como *call*, constituyendo este monto el máximo beneficio. De hecho el beneficio de esta estrategia es positivo mientras el tipo de cambio permanezca por arriba del precio de ejercicio.

En cambio el vendedor enfrenta un riesgo ilimitado de presentarse variaciones importantes en el tipo de cambio en cualquier dirección ya que incurriría en pérdidas en las opciones de compra o de venta. Por lo anterior se le considera una estrategia riesgosa.

Como se muestra en la Gráfica 3.5, la estrategia presenta dos puntos de equilibrio, uno debajo del precio de ejercicio (al restarle las primas) y otro mayor a él (al sumarle las primas).

Gráfica 3.5 Short straddle



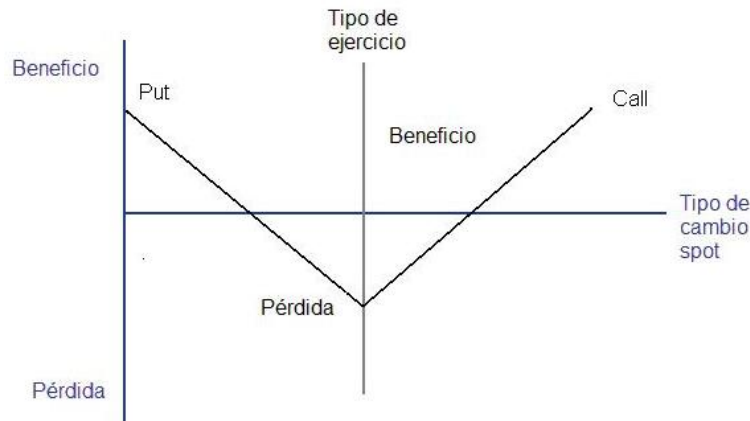
3.1.2.1.2 Long straddle

Por su parte, el uso de una estrategia *long straddle* consiste en la compra simultánea de opciones *call* y *put* con el mismo precio de ejercicio y fecha de expiración, es útil cuando se esperan variaciones considerables en los precios del activo subyacente pero se tiene incertidumbre sobre la dirección que éstas puedan tener.

A través de la estrategia *long straddle* se pueden limitar los riesgos por variaciones en el tipo de cambio a la suma pagada como prima por ambas opciones (en el caso de que las variaciones en el tipo de cambio no sean considerables), en tanto que el beneficio potencial de una depreciación o apreciación de la divisa es ilimitado mediante el ejercicio de la opción de compra o de venta respectivamente.

Pese a su similitud con la estrategia *short straddle*, existe una diferencia fundamental que deriva del hecho de que al comprar la combinación de opciones se adquiere con ellas el **derecho** de comprar y el **derecho** de vender divisas a un tipo de cambio específico.

Esta estrategia se presenta como provechosa frente a escenarios de posible variación cambiaria ya que, de presentarse una apreciación de la divisa, la opción *call* aportará un beneficio mientras que si ocurre una depreciación éste se obtendrá de la opción *put*.

Gráfica 3.6 Long straddle

La mayor pérdida en la que puede incurrir el adquirente se limita a la suma de las primas pagadas por las opciones (de no ejercerse ninguna de ellas) en tanto que los beneficios no tienen un límite teórico y son mayores en la medida en que la divisa se aprecie o deprecie de forma considerable. La expectativa de variaciones importantes en el tipo de cambio incentiva al usuario al pago de las primas que implica la estrategia *long straddle*.

Para fines del presente estudio la estrategia *long straddle* representa una alternativa útil de cobertura frente al riesgo de cambio para las unidades económicas expuestas al mismo derivado de su actividad. En contraste la estrategia *short straddle* resulta más bien atractiva para fines especulativos.

En este contexto estratégico es importante enfatizar en el hecho de que los beneficios y pérdidas que surgen de estas estrategias configuran un juego de suma cero en el que el vendedor gana (pierde) lo que el comprador pierde (gana). De ahí que estas condiciones de negociación han llevado a buscar diseminar aún más el riesgo de cambio a través de la constitución de portafolios de mayor complejidad pero, a la vez, de menor exposición al riesgo.

3.1.2.2 Delta-hedging

Partiendo del hecho de que la delta refleja la variación del valor de las opciones asociado a variaciones en el precio del subyacente es posible estructurar un portafolio de opciones cuyas deltas se neutralicen entre sí (portafolio *delta-neutral*). De este modo la delta del portafolio se obtendrá de la suma de las deltas individuales e, idealmente, reflejará la insensibilidad del valor del portafolio a cambios moderados en el tipo de cambio.

$$\delta = \sum \delta_i \rightarrow 0 \quad (3.1)$$

La desventaja de estos portafolios es que generalmente no se logra una disseminación importante del riesgo ante variaciones mayores del tipo de cambio por lo que su utilidad como herramienta práctica aún parece restringida. La relativa estabilidad cambiaria que requiere la estrategia delta-hedging se presenta a los ojos de los agentes involucrados más bien como un incentivo adverso a la cobertura a través de opciones financieras y sus costos asociados.

3.1.2.3 Strangle

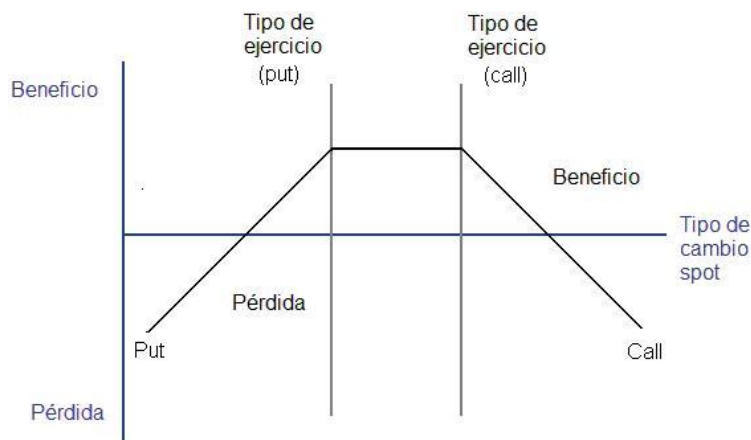
La estructura básica de la estrategia *strangle* es muy similar a la de una *straddle*, aunque también involucra la combinación de opciones sobre una misma divisa a la misma fecha de vencimiento, la principal diferencia radica en que para la primera los precios de ejercicio de las opciones *call* y *put* no son iguales.

Al hacer referencia a una variable más, s , la gama de posibles estructuras de las estrategias *strangle* es más amplia. Además de las posiciones de compra o venta se pueden presentar con precios de ejercicio de las opciones *put* superiores o inferiores a los de las opciones *call*.

3.1.2.3.1 Short strangle

Implica asumir posiciones de venta tanto en opciones de *put* como *call* para el tipo de cambio las cuales tienen la misma fecha de vencimiento pero la opción *call*, por ejemplo, tiene un precio de ejercicio mayor⁵⁹.

Gráfica 3.7 Short strangle



⁵⁹ Los resultados son análogos si el precio de ejercicio de la opción *put* es menor. Debe recordarse que la comparación se hace frente a una estrategia *straddle* con precios de ejercicio iguales excepto por el que se menciona en cada ejemplo.

En comparación con una estrategia *short straddle*, el máximo beneficio es menor dado que la suma de primas recibidas también lo es.

Por su parte una *short strangle* tiene la ventaja de requerir fluctuaciones mayores en el tipo de cambio antes de que el vendedor de la combinación esté en riesgo de incurrir en pérdidas, es decir, amplía el espacio de probabilidad de los beneficios. El mayor beneficio se obtiene cuando a la fecha de expiración el tipo de cambio se encuentra entre los dos precios de ejercicio de la combinación.

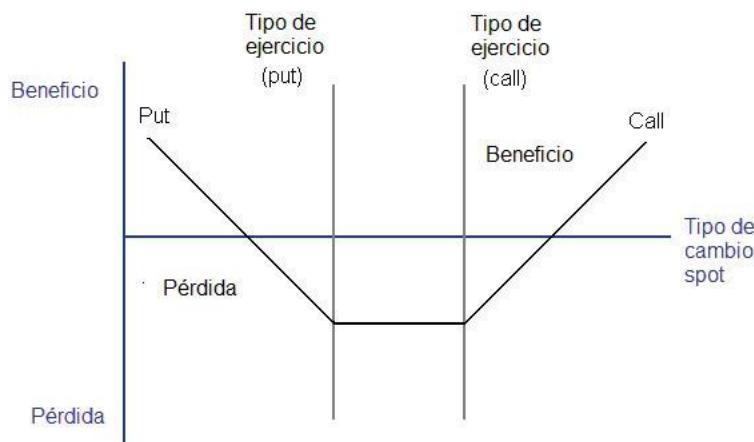
3.1.2.3.2 Long strangle

Por su parte, la opción *put* puede tener un precio de ejercicio inferior al de la opción *call* con la que se combina, y constituir una *long strangle* con posición compradora en ambas opciones.

Esta estrategia resulta más barata si se le compara con su equivalente en una *long straddle* ya que la adquisición de una opción *call* con un precio de ejercicio mayor implica también el pago de una prima menor (ya que la diferencia entre el precio de ejercicio y el tipo de cambio spot será menor). Por otro lado, estas características implican que para que la estrategia sea provechosa las variaciones del tipo de cambio deben ser aún más acentuadas.

El principal incentivo para usar esta estrategia es la expectativa de variaciones importantes en el tipo de cambio (en cualquier sentido) antes de la fecha de vencimiento. Adicionalmente, dado que en este ejemplo el costo del contrato *call* es menor que en una estrategia *long straddle*, la estrategia *long strangle* reduce el monto de la pérdida máxima (equivalente a la suma de las primas), sin embargo amplía el espacio de probabilidad para que dicha pérdida se realice ya que esto ocurrirá para cualquier tipo de cambio que a la fecha de expiración se registre entre los dos precios de ejercicio establecidos.

Gráfica 3.8 Long strangle



Al igual que en la combinación *short strangle* existen dos puntos de equilibrio, el primero es igual al precio de ejercicio de la opción *put* menos la suma de las primas y el segundo es igual al precio de ejercicio de la opción *call* más la suma de las primas.

La estrategia resulta provechosa si se esperan fluctuaciones importantes en el tipo de cambio.

3.1.3 Combinaciones complejas

Como se ha visto, las combinaciones de tipo *short straddle* o *short strangle* presentan una importante desventaja consistente en el hecho de que pueden conducir a la realización de pérdidas importantes en el caso de escenarios adversos donde el tipo de cambio sigue una conducta marcadamente distinta a la esperada.

Su ausencia de límites a las pérdidas de los usuarios puede ser solventada a través de estrategias más complejas como la *long call butterfly* o la *long call condor*, respectivamente, en las cuales se logran establecer límites a las pérdidas incluso en el caso de incumplimientos severos de las expectativas sobre el tipo de cambio.

Su aplicación, de esta manera, constituye una importante herramienta para complementar el mapa de las estrategias que respondan a las necesidades de los usuarios bajo diferentes contextos de los mercados cambiarios. La contribución de estas estrategias complejas consiste en aportar al mercado de los derivados sobre divisas instrumentos con funcionalidad tanto en condiciones de relativa estabilidad como en contextos de volatilidad importante.

3.1.3.1 Butterfly

3.1.3.1.1 Short call butterfly

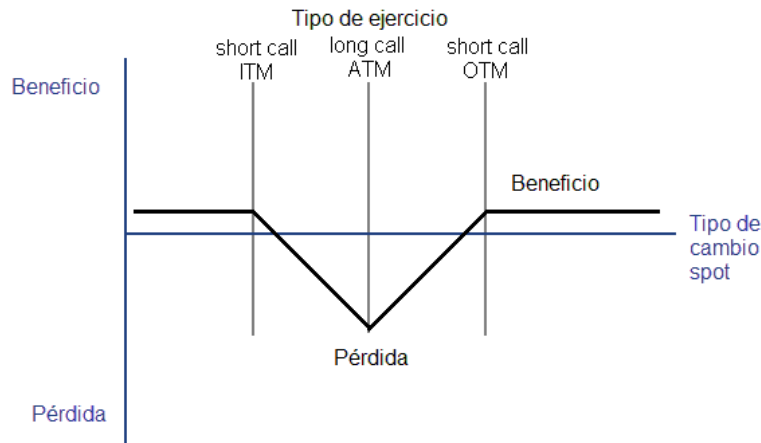
Si las expectativas de mercado se inclinan por un incremento de la volatilidad de los precios pese a que no se tenga certeza sobre la dirección en que estos puedan variar, se puede recomendar una estrategia *short call butterfly*.

Para estructurarla es necesario vender una opción *call* ITM, comprar dos opciones *call* ATM y vender una opción *call* OTM. La diferencia entre precios de ejercicio debe ser la misma en ambas direcciones. Debido a esta diferencia de precios se obtiene un ingreso neto al formalizar los contratos.

Como resultado de esta estrategia se espera que, en un mercado volátil, la divisa se aprecie o deprecie tanto o más allá de los precios de ejercicio extremos

establecidos situación que llevará a obtener la máxima ganancia. Si, por el contrario, las expectativas no se cumplen y el tipo de cambio permanece estable, la máxima pérdida está limitada a la diferencia entre los precios de ejercicio menos las primas que se reciben de la venta de opciones.

Gráfica 3.9 Short call butterfly



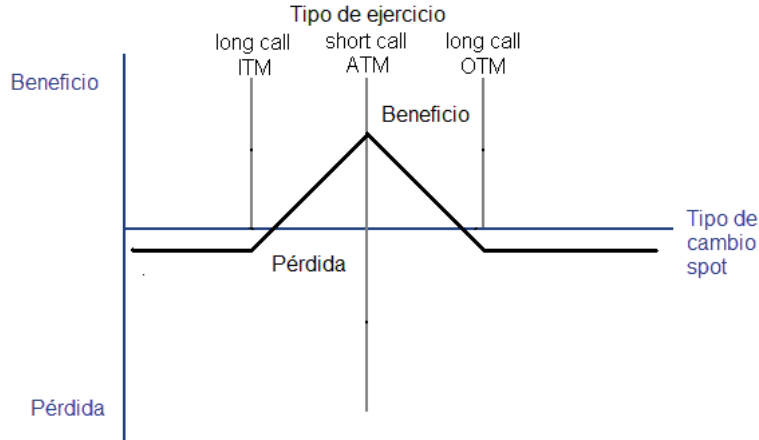
3.1.3.1.2 Long call butterfly

Esta estrategia es recomendable si el usuario espera una reducción en la volatilidad del tipo de cambio como en el caso de una *short straddle* pero con la ventaja de que las posibles pérdidas por variaciones de mayores dimensiones están limitadas.

Consiste en la venta de dos opciones *call at-the-money*, esto es, donde el precio de ejercicio es igual o muy cercano al tipo de cambio spot vigente, la compra de una opción *call in-the-money* (con precio de ejercicio inferior al tipo de cambio spot), y la compra de una opción *call out-of-the-money* (con precio de ejercicio en un tipo de cambio mayor al vigente) de manera que exista la misma distancia entre los precios de ejercicio⁶⁰.

De esta manera los resultados son positivos si la variación del tipo de cambio permanece dentro de un rango moderado y el máximo beneficio se obtiene cuando el tipo de cambio coincide con el precio de ejercicio intermedio a la fecha de expiración.

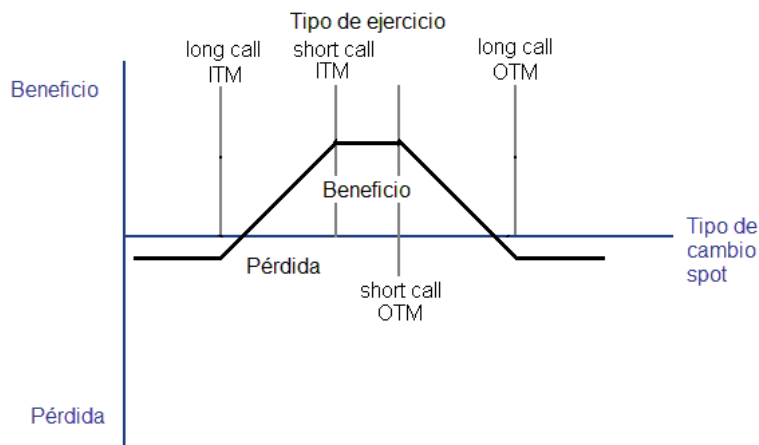
⁶⁰ El rango contenido entre los precios de ejercicio máximo y mínimo de la estrategia refleja las dimensiones de la volatilidad esperada por el usuario.

Gráfica 3.10 Long call butterfly

3.1.3.2 Condor

3.1.3.2.1 Long call condor

Es una estrategia útil cuando se espera que la volatilidad se mantenga dentro de un intervalo moderado y el tipo de cambio muestre variaciones dentro de un rango también limitado.

Gráfica 3.11 Long call condor

Consiste en la compra de una opción *call in-the-money*, la venta de una opción *call in-the-money* con un precio de ejercicio superior a la anterior, vender una opción *call out-of-the-money* y adquirir una cuarta opción *call out-of-the-money* con un precio de ejercicio mayor que todas las anteriores.

Si se le compara con la estrategia *long call butterfly* se aprecia que aporta un espacio probabilístico de ganancias más amplio ya que el máximo beneficio se obtiene cuando el tipo de cambio se encuentra en cualquier punto entre los dos precios de ejercicio intermedios además de que las opciones largas con los precios de ejercicio extremos aseguran que las posibles pérdidas están limitadas en ambas direcciones.

IV. Aplicación Práctica. Simulación de una estructura compleja de cobertura vertical del riesgo de cambio

Este capítulo consolida la información de los tres anteriores para el desarrollo de una estrategia compleja de mitigación del riesgo de cambio a través de opciones financieras.

La medición del riesgo de cambio a través de metodologías apropiadas de econometría financiera permite la clasificación de escenarios de riesgo y, con ella, la identificación de oportunidades de aplicación de estrategias de cobertura adecuadas a cada uno.

4.1 Diseño de la simulación

A partir de información histórica entre 2000 y 2010 sobre el tipo de cambio del peso mexicano (MXP) frente al dólar de los Estados Unidos (USD) publicada por el Banco de México y al euro (EUR) publicada por el Banco Central Europeo, se presenta una aplicación práctica en la que, a través del uso de las estrategias descritas en este estudio, se optimizan los beneficios financieros para una empresa importadora hipotética en México.

Debido a que el principal objetivo de esta simulación es evaluar los posibles beneficios en el uso de las estrategias con opciones sobre divisas, se asume que las opciones son de tipo europeo de modo que, a la fecha de vencimiento, se ejercen o no, como en Benavides y Capistrán (2009, p. 7). Adicionalmente, es ese el tipo de opciones que actualmente están disponibles en México a través del MexDer.

El objetivo de la simulación es cuantificar con información de mercado real (cotizaciones diarias) los posibles beneficios en el uso de estrategias de cobertura.

En un horizonte de tiempo trimestral, nuestra empresa hipotética debido a su actividad mantiene una *posición abierta*⁶¹ respecto al dólar de los Estados Unidos y al euro por lo que necesita establecer mecanismos de cobertura para mitigar el riesgo de cambio de mediano plazo (no especulativo) que ello representa a lo largo del tiempo.

El ejercicio asume, en primera instancia, que a partir de enero de 2000 decide tomar estas medidas a través de estrategias y combinaciones con opciones sobre el dólar. La mecánica básica de su estrategia de cobertura es contratar opciones de tipo europeo (Serie DAXXXXXX) con vencimiento trimestral por el mínimo de unidades permitidas por el MexDer (10,000 USD, ver Anexo II).

⁶¹ *Open, uncovered o naked* son términos equivalentes en el argot inglés utilizado para estos fines.

Siguiendo la mecánica del MexDer, se establece como precio de ejercicio *ATM* el tipo de cambio *spot* (en pesos por dólar) del cierre previo al inicio de cada contrato redondeado al múltiplo de 0.05 pesos más próximo.

La formulación de las estrategias y formalización de contratos se asumen, para fines de claridad, como inmediatas y sin costos de transacción⁶². El mecanismo del diseño consiste en reglas simples que indican respuestas optimizadoras de beneficio a partir de la interpretación particular de la información estadística relevante que, en este caso, atiende a los promedios móviles (como tendencia central) y varianza/desviación estándar (como indicador de volatilidad histórica) de la serie histórica del tipo de cambio.

4.2 Modelo de reacción a la volatilidad cambiaria

El modelo constituye la consolidación del estudio completo ya que integra el análisis teórico revisado en el Capítulo I así como las consideraciones específicas de justificación del Capítulo II y la aplicación puntual de las herramientas financieras descritas en el Capítulo III.

El diseño fundamental consiste en alimentar las ecuaciones del modelo con información estadística de modo que, a partir de reglas bien definidas como umbrales de decisión, se configura una estrategia compleja de mitigación del riesgo de cambio.

El primer elemento a considerar es el que esencialmente evita que la serie de tipo de cambio (expresada en niveles) se convierta en una caminata aleatoria o *brownian motion*: el promedio móvil de las 30 cotizaciones diarias previas a la fecha de cálculo. Retomando la formulación teórica estadístico-financiera de los *martingales*, la información histórica sirve como anclaje de la información bajo condiciones normales de la operación en los mercados⁶³ por lo que es factible el uso de metodologías estadísticas como GARCH.

La información histórica se integra mediante los promedios móviles obtenidos de la ecuación:

⁶² Al relajar ambos supuestos no se modifica el resultado teórico del modelo, solamente se eleva el umbral de beneficios mínimo esperado. Recuérdese que este estudio se basa en estrategias verticales de cobertura.

⁶³ De esta forma no se excluyen escenarios de alta volatilidad en los precios, sólo se limita el universo de escenarios a la ausencia de "cisnes negros" (*black swans* o *extreme outliers*) que no puedan ser asimilados por la teoría y metodologías de este estudio. Lo anterior es consistente con la teoría de riesgos en el sentido de que el objetivo del modelo es minimizar la pérdida asociada a esta fuente específica y, sin embargo, no se considera imposible la ocurrencia de escenarios de pérdidas efectivas.

$$\bar{s}_t = \frac{\sum_{t-1}^{t-q} s}{q} \quad (4.1)$$

Mientras que la volatilidad de mercado está representada por la varianza de la serie, también a través de un indicador variable en el tiempo:

$$Var s_t = \sum_t^{t-q} (s_t - \bar{s}_{t-1}^q)^2 \quad (4.2)$$

Por tanto, un indicador dinámico de la desviación estándar es:

$$\sigma_t = \sqrt{Var s_t} \quad (4.3)$$

4.3 Estimación del riesgo

Para cuantificar el riesgo de cambio a través de una serie temporal se ha recurrido a la metodología GARCH, descrita en el Capítulo I, combinada con los elementos de la sección anterior.

Inicialmente se define el retorno del tipo de cambio entre el peso mexicano y el dólar estadounidense como:

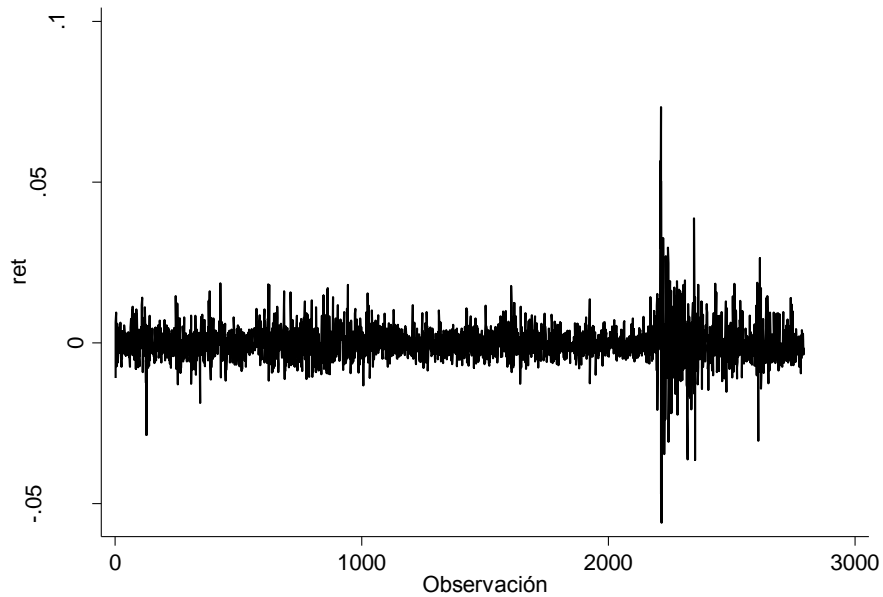
$$ret_t = \log \left(\frac{s_t}{s_{t-1}} \right) \quad (4.4)$$

Serie que resulta susceptible de ser analizada a través de la metodología GARCH ya que cumple con los criterios de estacionariedad según se puede concluir a partir de elementos estadísticos como el correlograma, el correlograma parcial y las pruebas ADF, Phillips-Perron y KPSS (herramientas econométricas típicas para la prueba de raíces unitarias y estacionariedad).

De la gráfica del retorno del tipo de cambio (Gráfica 4.1) se puede apreciar claramente el fenómeno de *agrupamiento de la varianza* en periodos relativamente bien definidos. En términos técnicos, se trata de una expresión palpable de los mecanismos de formación de expectativas abordados en la sección B del Marco teórico.

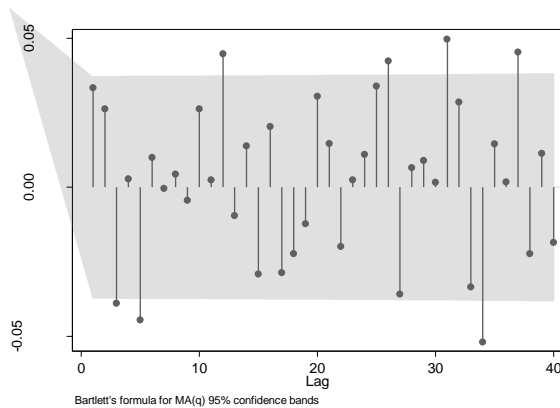
Este agrupamiento da origen a sucesiones no aleatorias sino más bien persistentes en la volatilidad de la serie.

Gráfica 4.1 Serie temporal del retorno del tipo de cambio MXN/USD



Gráfica 4.2 Correlogramas del retorno de la serie MXN/USD

Correlograma:



Correlograma parcial:

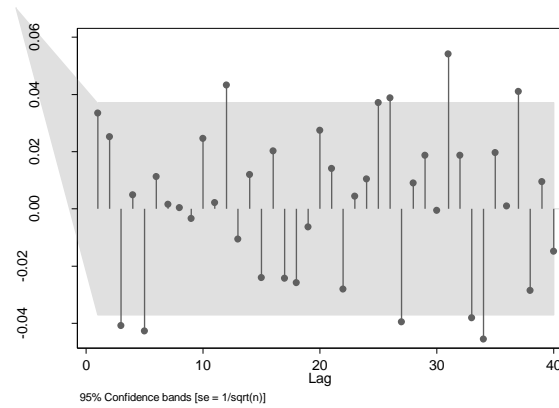


Tabla 4.1 Pruebas de estacionariedad al retorno del tipo de cambio MXN/USD

Prueba ADF para raíces unitarias:

Estadístico	Valores críticos		
	1%	5%	10%
ADF			
-51.093	-2.58	-1.95	-1.62

2,790 Obs.

Prueba Phillips-Perron para raíces unitarias:

Estadístico	Valores críticos		
	1%	5%	10%
Z(rho)			
-2646.48	-13.8	-8.1	-5.7
Z(t)			
-51.071	-2.58	-1.95	-1.62

2,790 Obs., 8 rezagos Newley-West. Esta rho es distinta de la descrita en la sección 1.12.2.5.

Tabla 4.1 Pruebas de estacionariedad al retorno del tipo de cambio MXN/USD
(Continuación)

Prueba KPSS de estacionariedad:

Valores críticos para H_0 : *ret* es estacionaria en niveles: 10%: 0.347 5% : 0.463 2.5%: 0.574 1% : 0.739

Rezagos*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Estadístico	0.0484	0.0469	0.0456	0.0458	0.0459	0.0466	0.047	0.0473	0.0475	0.0477	0.0476	0.0476	0.0472	0.0469	0.0466	0.0465	0.0463	0.0463	0.0464	0.0465	0.0465	0.0464	0.0464	0.0464	0.0464	0.0462	0.0459	0.0458

* Rezagos máximo calculado con el criterio de Schwert.

Para estimar la volatilidad de la serie, se aplicó un modelo GARCH(1,1) con estimadores robustos⁶⁴ arrojando los siguientes resultados de la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Análisis GARCH para el retorno del tipo de cambio MXN/USD

Muestra: 2 a 2792 Núm. De Obs. = 2791
Wald chi2(2) = 7948.79
 Log pseudolikelihood* = 10878.15 Prob > chi2 = 0.0000

Ecuación de la Varianza

	ret	Coef.**	Semi-robust Std. Err.	Z	Pr> z	[95% Conf. Interval]	
ARCH	arch L1	.110988	.022004	5.04	0.000	.067860	.154116
	garch L1	.870496	.025729	33.83	0.000	.820067	.920925
	constante	.000001	.000000	2.65	0.008	.000000	.000001

* El algoritmo de optimización usado es el de Berndt-Hall-Hausman (BHHH).

**Dada la naturaleza de la serie, el término constante (β_0) del modelo resultó no significativo en análisis previos por lo que se omite.

De esta forma:

$$\hat{\sigma}_t^2 = 0.000001 + 0.110988 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + 0.870496 \hat{\sigma}_{t-1}^2 \quad (4.5)$$

A partir de lo cual se generó una serie representativa del riesgo de cambio $\hat{\sigma}_t = \sqrt{\hat{\sigma}_t^2}$.

Es importante notar que la suma $\alpha_i + \beta_j = 0.98$, lo que implica un alto grado de persistencia en los cambios de la volatilidad. Esta misma característica se confirma a través de un análisis auto-regresivo de la serie de riesgo cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.3.

⁶⁴ “Si el tamaño de muestra es grande, entonces los errores estándar robustos aportan una buena estimación de los errores estándar incluso con heteroscedasticidad.” Engle (2001, p. 158, traducción del autor).

4.4 Estratificación del riesgo de cambio

Una vez que se cuenta con una medición numérica del riesgo originado por variaciones en el tipo de cambio, se requiere clasificarlo para la formación de reglas estratégicas de decisión.

Tabla 4.3 Análisis auto-regresivo del riesgo estimado del retorno del tipo de cambio MXN/USD

Muestra: 1 a 2171	Núm. De Obs. =	2171
Log pseudolikelihood* = 14169.66	Wald chi2(2) =	16157.65
	Prob > chi2 =	0.0000

	σ	Coef.**	Semi-robust Std. Err.	Z	Pr> z	[95% Conf. Interval]	
AR	Const	0.004542	0.000151	29.99	0.000	0.004245	0.004838
	AR(1)	1.000581	0.026894	37.21	0.000	0.947871	1.053292
	AR(2)	-0.050846	0.026252	-1.94	0.053	-0.102299	0.000606
	Sigma	0.000354	0.000022	16.13	0.000	0.000311	0.000397

Este ejercicio, lejos de ser trivial, constituye un elemento fundamental para cualquier agente que desee diseñar políticas objetivas de mitigación del riesgo asociado al tipo de cambio. No obstante, la literatura académica ha dedicado poco espacio al desarrollo de metodologías específicas para la estratificación de una serie temporal representativa del riesgo.

Una primera aproximación se realizó para este estudio al aplicar la técnica de estratificación de varianza mínima (MVS) desarrollada por Dalenius & Hodges (1959) sin embargo se encontró que la alta concentración de la serie en un rango junto con la presencia de grandes saltos y cambios estructurales en la serie temporal hacían inadecuado el uso de la misma. Los intervalos resultantes se acercan a los extremos del rango de variación por lo que son poco reveladores de transiciones en la dimensión del riesgo.

En segunda instancia se probó una metodología que aprovecha el *Teorema de Chebyshev* al establecer estratos de distancia definida a la media del periodo previo al cambio estructural asociado a la crisis económico-financiera de 2008 (enero de 2000 a agosto de 2008). Sin embargo, por esta vía se identifican al menos tres sub-periodos con características estadísticas distintivas que obligan a tratarlos de manera diferenciada.

Por esta razón, y en conjunción con la postura estratégica del presente estudio, se prefirió el uso de referencias estadísticas móviles a lo largo de la serie. Esto se

traduce en el cálculo de indicadores de posición y de dispersión relativos que guiarán las respuestas a los cambios en el riesgo.

Para el caso de la media, se utiliza una estadística móvil para las q observaciones previas:

$$\bar{\sigma}_t = \frac{\sum_{i=1}^q \hat{\sigma}_{t-i}}{q} \quad (4.6)$$

En tanto que, para la dispersión se recurre a la desviación estándar muestral calculada para sub-muestras sucesivas en el mismo horizonte temporal con la media móvil de cada periodo:

$$DE(q)_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^q (\hat{\sigma}_{t-i} - \bar{\sigma}_t)^2}{q-1}} \quad (4.7)$$

La selección del horizonte de cálculo, q , responde a los instrumentos disponibles actualmente en el MexDer, aunque esto no excluye la posibilidad de utilizar horizontes distintos de acuerdo a las necesidades y contratos de los agentes involucrados. Por su parte, el cambio en el horizonte de cálculo (o *memoria* en este esquema de aprendizaje) no exige modificaciones a la metodología aplicada o a la teoría subyacente, sólo implica un número distinto de iteraciones.

Tabla 4.4 Indicadores estadísticos del riesgo estimado MXN/USD por sub-periodo

Periodo/Estadística	30/12/99-10/03/04	7/11/03-8/08/08	11/08/08-27/01/11
Media	0.005068	0.004029	0.008140
Desv. Est.	0.001252	0.000784	0.005037
Rango (x1,000)	8.8970	5.1788	34.7332
Observaciones	1,053	1,118	621

Como se puede apreciar, la versión de la metodología GARCH aplicada en este trabajo cuantifica el riesgo sin hacer distinción específica de la dirección de cada una de las desviaciones. Sin embargo, esto no impide hacer una diferenciación precisa de la dirección de los cambios de modo que, para contar con esta información, se obtuvo el signo de la primera diferencia de la serie de riesgo estimado (σ_t) de donde se pueden distinguir patrones en las variaciones al alza o a la baja por la sucesión de cambios en un sentido u otro (ver Gráfica 4.3 y Tabla 4.5).

Gráfica 4.3 Comportamiento del riesgo de cambio estimado en México MXN/USD, 2000-2010

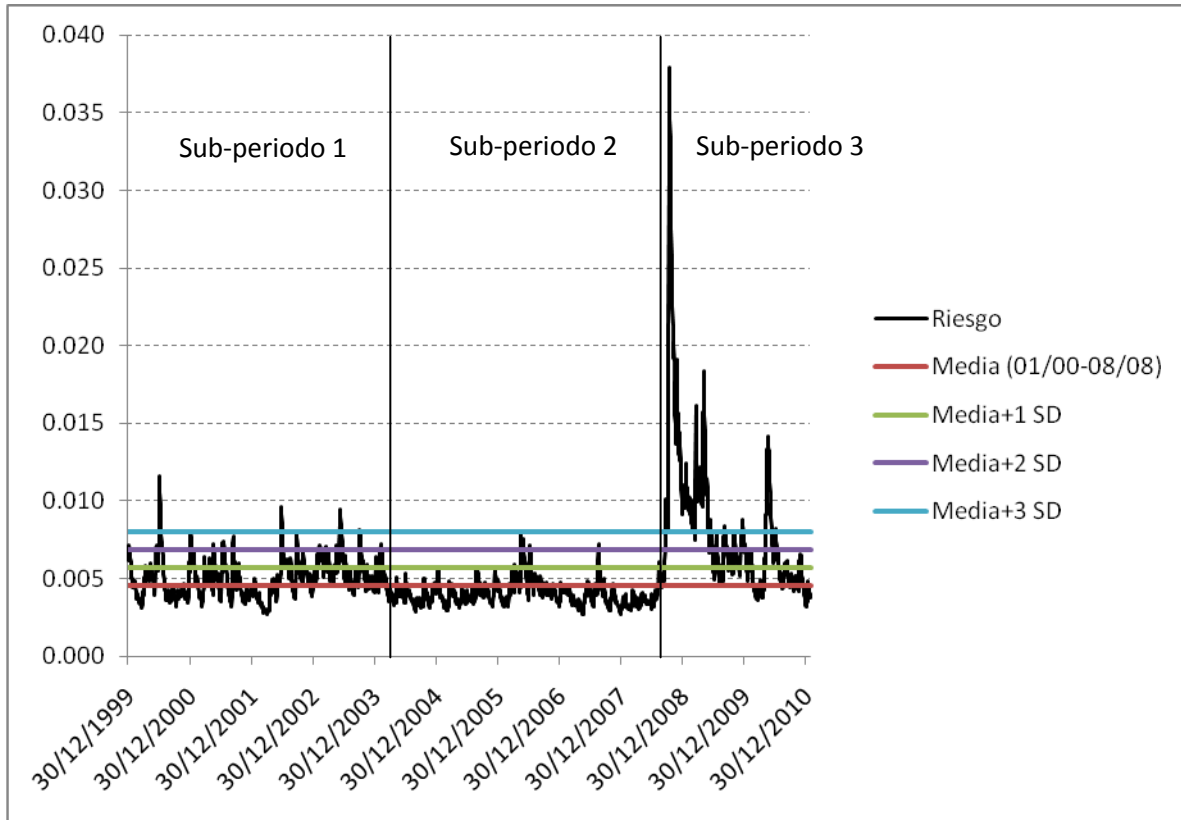


Tabla 4.5 Resumen de variaciones en el riesgo estimado por signo

Signo	Frec.	%	Variación promedio por sub-periodo (x 1,000)			
			1	2	3	1-3
Negativo	1,901	68.11	-0.195	-0.132	-0.376	-0.210
Positivo	890	31.89	0.424	0.278	0.774	0.445
Total	2,791	100.00				

De esta información se desprende otro elemento importante sobre el comportamiento del riesgo de cambio en la muestra del estudio. Dado que los aumentos de riesgo representan menos de la mitad de la frecuencia de las reducciones, se puede concluir que el incremento del riesgo es más instantáneo en comparación con su posterior descenso, que es gradual.

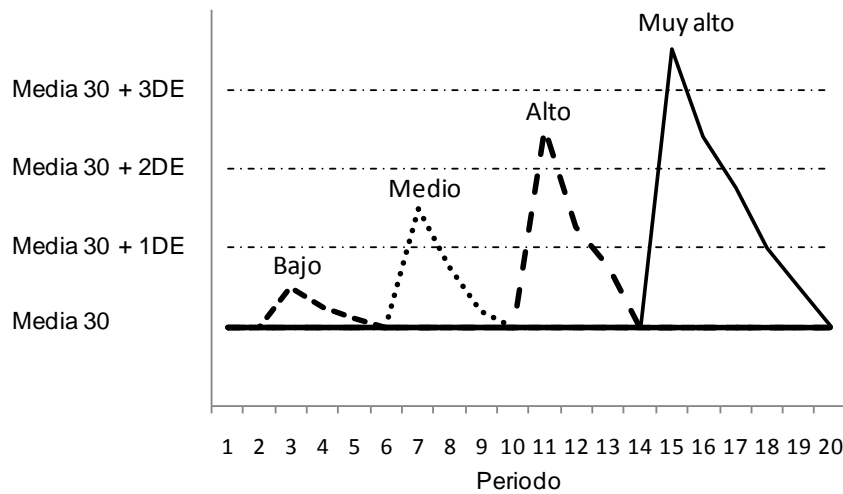
Esto se confirma al analizar la dimensión de las variaciones en cada dirección, donde, en promedio, los incrementos de riesgo de cambio más que duplican a los descensos.

Con estos elementos el riesgo se clasifica en cuatro categorías: *baja*, *media*, *alta* y *muy alta* al interior de las cuales se pueden presentar tendencias crecientes o decrecientes de manera indistinta aunque, como se ha visto, con probabilidad diferenciada.

Cuadro 4.1 Estratos de riesgo

Categoría	Definición	
	Límite inferior	Límite superior
Bajo	Media30	Media30+1DE30
Medio	Media30+1DE30	Media30+2DE30
Alto	Media30+2DE30	Media30+3DE30
Muy alto	Media30+3DE30	∞

Gráfica 4.4 Clasificación relativa del riesgo



Cabe destacar que esta clasificación puede ajustarse a distintos niveles de aversión al riesgo por parte de los usuarios. Sin embargo, ese ajuste sí tiene repercusiones sobre la funcionalidad de la estrategia que aquí se plantea ya que afecta la probabilidad de ocurrencia de los escenarios de riesgo lo cual puede llegar a traducirse en la eliminación de algunas de las respuestas del esquema.

Usando estos criterios, la ocurrencia de cada uno de los escenarios de riesgo se plasma en la Tabla 4.7. Todos los elementos teóricos y estadísticos que se han tratado en esta investigación sobre la persistencia de las variaciones ayudan a comprender que más del 80% de las cotizaciones diarias se hayan clasificado en un nivel de riesgo bajo. Esto es, a la vez, útil para distinguir las variaciones que auténticamente representan los mayores niveles de riesgo.

Tabla 4.6 Clasificación histórica del riesgo calculado en la serie de rendimientos diarios del tipo de cambio MXN/USD, 2000-2011

Nivel de riesgo	Días	%
Bajo	2,283	81.81
Medio	314	11.25
Alto	114	4.08
Muy alto	80	2.87
Suma	2,791	100.00

4.5 Reglas de decisión

A partir de la descripción detallada del Capítulo III, se recurre a un espectro de nueve acciones estratégicas⁶⁵ para aplicar en respuesta a las condiciones de mercado reveladas por la información estadística y que influirán en las expectativas de los usuarios a través del esquema de aprendizaje descrito arriba.

El mecanismo de decisión funciona a través de la observación de la información histórica en un horizonte q de tiempo cuyas características estadísticas funcionan como criterios discriminantes de escenarios definidos y, por tanto, como disparadores de respuestas óptimas para la mitigación del riesgo de cambio. Es, en este sentido, un esquema de aprendizaje hacia atrás (*backward-looking feedback rules*⁶⁶).

Como se describió en el Capítulo III, cada estrategia provee de los mejores resultados para sus usuarios dado un escenario particular constituido (de manera simplificada) por dos elementos, la tendencia y la volatilidad. De esta manera se han clasificado en la Tabla 4.8 ambos criterios para distinguir escenarios viables de ocurrir en la práctica y que, por tanto, enfrentarían los agentes sujetos al riesgo cambiario.

Dos parámetros adicionales deben ser incluidos para concretar el esquema estratégico. Primero, para determinar si existe una tendencia sostenida en la serie del tipo de cambio se obtiene la diferencia entre las medias móviles para los dos periodos q (no superpuestos) precedentes:

⁶⁵ Este listado de estrategias no pretende ser exhaustivo ya que existe una gran diversidad de combinaciones de opciones potencialmente aplicable al mercado de divisas, sin embargo el conjunto que aquí se usa tiene por objetivo atender a escenarios típicos que el mercado cambiario ha expresado en México con instrumentos claramente definidos para los usuarios.

⁶⁶ En este tipo de esquema el proceso básicamente consiste en la información (*signalling*), su comprensión (*understanding*) y la generación de una respuesta (*answer*) que se ve reflejada en la información subsecuente.

$$k(q)_t = \frac{\sum_{i=1}^q s_{t-i}}{\sum_{j=q+1}^{2q} s_{t-j}} \quad (4.8)$$

De manera similar se identifican tendencias sostenidas en el riesgo a lo largo del periodo relevante, por ejemplo $q = 30$ ⁶⁷, a través de la comparación de medias móviles sin superposición:

$$r(q)_t = \frac{\sum_{i=1}^q \hat{\sigma}_{t-i}}{\sum_{j=q+1}^{2q} \hat{\sigma}_{t-j}} \quad (4.9)$$

Cuadro 4.2 Escenarios de riesgo y reglas de decisión estratégica

Estrategia	Adecuada para		Se activa con	Ventajas
	Tendencia	Volatilidad		
1. Bull call spread	Alcista moderada	Baja	$1 < k(30) < 1.3$, Riesgo = Bajo	
2. Bull put spread	Alcista moderada	Baja	$1 < k(30) < 1.3$, Riesgo = Bajo	Genera un ingreso
3. Bear spread call	Bajista moderada	Baja	$0.7 < k(30) < 1$, Riesgo = Bajo	Genera un ingreso
4. Bear spread put	Bajista moderada	Baja	$0.7 < k(30) < 1$, Riesgo = Bajo	
5. Long call butterfly	Incierta	Decreciente	$r(30) \leq 0.8$	
6. Short call butterfly	Incierta	Creciente	$r(30) \geq 1.2$	Genera un ingreso
7. Long call condor	Incierta	Media	Riesgo = Medio	
8. Long straddle	Incierta	Alta	Riesgo = Alto	Mayor probabilidad de ganancias que una <i>strangle</i>
9. Long strangle	Incierta	Muy alta	Riesgo = Muy alto	Más barata que una <i>straddle</i>

La aplicación de este modelo de decisión a los datos históricos arroja las siguientes oportunidades de aplicación de las estrategias óptimas con los beneficios financieros descritos a detalle en el Capítulo III:

⁶⁷ Se considera un trimestre con 60 cotizaciones diarias, por lo tanto éste se divide en dos partes iguales para fines de comparación entre el inicio y el fin del mismo.

Tabla 4.7 Resumen de oportunidades de aplicación observadas para las alternativas estratégicas, 2000-2010

Estrategia	Frecuencia	%
1 / 2	20	44.44
3 / 4	1	2.22
5	7	15.56
6	6	13.33
7	5	11.11
8	3	6.67
9	3	6.67
	45	100.00

Tabla 4.8 Oportunidades de aplicación observadas por trimestre, 2000-2010

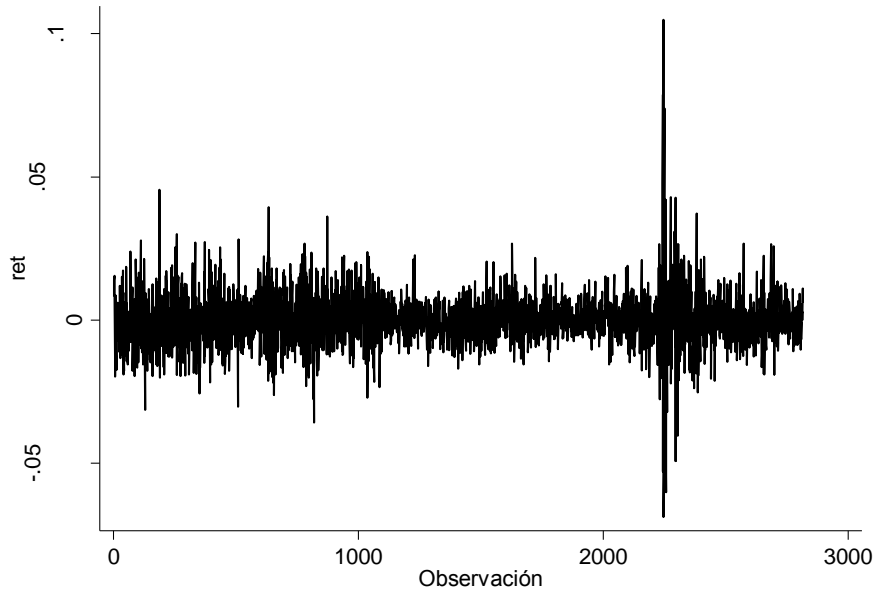
Año	Trimestre			
	I	II	III	IV
2000	5	7	5	8
2001	5	1 / 2	1 / 2	1 / 2
2002	5	9	1 / 2	1 / 2
2003	1 / 2	6	8	1 / 2
2004	1 / 2	9	1 / 2	7
2005	1 / 2	7	6	1 / 2
2006	7	6	1 / 2	1 / 2
2007	1 / 2	7	6	1 / 2
2008	3 / 4	1 / 2	8	5
2009	1 / 2	5	6	1 / 2
2010	5	6	1 / 2	1 / 2

La Tabla 4.8 contiene las estrategias más adecuadas a tomar para la mitigación del riesgo de cambio de acuerdo a las condiciones específicas (escenarios) encontradas para cada trimestre en las series históricas. Representa, por tanto, la salida del modelo estratégico construido en esta investigación en la forma de recomendaciones específicas de política financiera.

4.6 Aplicación a la serie del euro

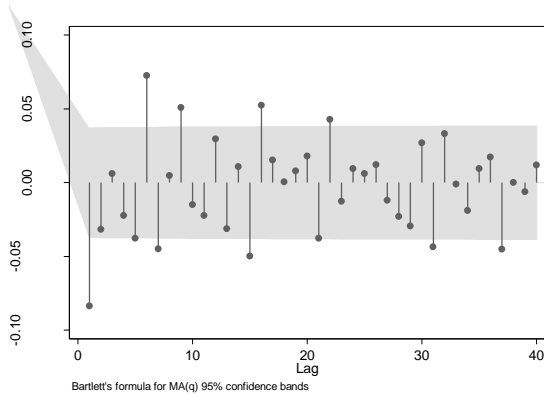
A continuación la misma metodología es aplicada a la información histórica sobre el tipo de cambio entre el peso mexicano y el euro (MXN/EUR) entre 2000 y 2010 para identificar los escenarios de riesgo y, con ello, las oportunidades de aplicación de las estrategias de cobertura.

Gráfica 4.5 Serie temporal del retorno del tipo de cambio MXN/EUR



Gráfica 4.6 Correlogramas del retorno MXN/EUR

Correlograma:



Correlograma parcial:

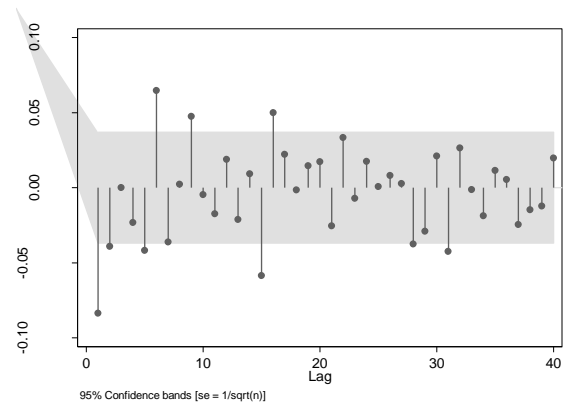


Tabla 4.9 Pruebas de estacionariedad al retorno del tipo de cambio MXN/EUR

Prueba ADF para raíces unitarias:

Estadístico	Valores críticos		
	1%	5%	10%
ADF	1%	5%	10%
-57.648	-2.58	-1.95	-1.62

2,814 Obs.

Prueba Phillips-Perron para raíces unitarias:

Estadístico	Valores críticos		
	1%	5%	10%
Z(rho)	1%	5%	10%
-2919.40	-13.8	-8.1	-5.7
Z(t)	1%	5%	10%
-57.946	-2.58	-1.95	-1.62

2,814 Obs., 8 rezagos Newley-West. Esta rho es distinta de la descrita en la sección 1.12.2.5.

Tabla 4.9 Pruebas de estacionariedad al retorno del tipo de cambio MXN/EUR
(Continuación)

Prueba KPSS de estacionariedad:

Valores críticos para H_0 : *ret* es estacionaria en niveles: 10%: 0.347 5%: 0.463 2.5%: 0.574 1%: 0.739

Rezagos*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Estadístico	0.0766	0.0836	0.0883	0.0905	0.0929	0.0961	0.0959	0.0972	0.0980	0.0974	0.0973	0.0976	0.0974	0.0977	0.0978	0.0986	0.0986	0.0984	0.0982	0.0979	0.0974	0.0975	0.0970	0.0967	0.0964	0.0960	0.0955	0.0952

* Rezago máximo calculado con el criterio de Schwert.

En línea con el análisis anterior, se aplican pruebas estadísticas sobre la estacionariedad de la serie, concluyendo que ésta es susceptible de ser analizada a través de un modelo GARCH.

De este modo, el análisis GARCH(1,1) arroja los siguientes resultados:

Tabla 4.10 Análisis GARCH para el retorno del tipo de cambio MXN/EUR

Muestra: 2 a 2816 Núm. De Obs. = 2815
Wald chi2(2) = 25098.06
 Log pseudolikelihood* = 9559.27 Prob > chi2 = 0.0000

Ecuación de la Varianza							
	Ret	Coef.**	Semi-robust Std. Err.	Z	Pr> z	[95% Conf. Interval]	
ARCH	arch L1	.073445	.018910	3.88	0.000	.036381	.110509
	garch L1	.914628	.023021	39.73	0.000	.869507	.959748
	Constante	.000000	.000000	2.00	0.046	.000000	.000001

* El algoritmo de optimización usado es el de Berndt-Hall-Hall-Hausman (BHHH).

**Dada la naturaleza de la serie, el término constante (β_0) del modelo resultó no significativo en análisis previos por lo que se omite.

Por lo que:

$$\hat{\sigma}_t^2 = 0.000000 + 0.073445 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + 0.914628 \hat{\sigma}_{t-1}^2 \quad (4.10)$$

Lo que evidencia una mayor influencia del componente GARCH en comparación con los resultados de la serie de retornos del dólar lo cual muestra una mayor persistencia en las variaciones de la volatilidad en la serie. Gráficamente, esto se puede apreciar en ondas más largas para el euro en la Gráfica 2.1.

Por su parte:

$$\alpha_i + \beta_j = 0.988 \quad (4.11)$$

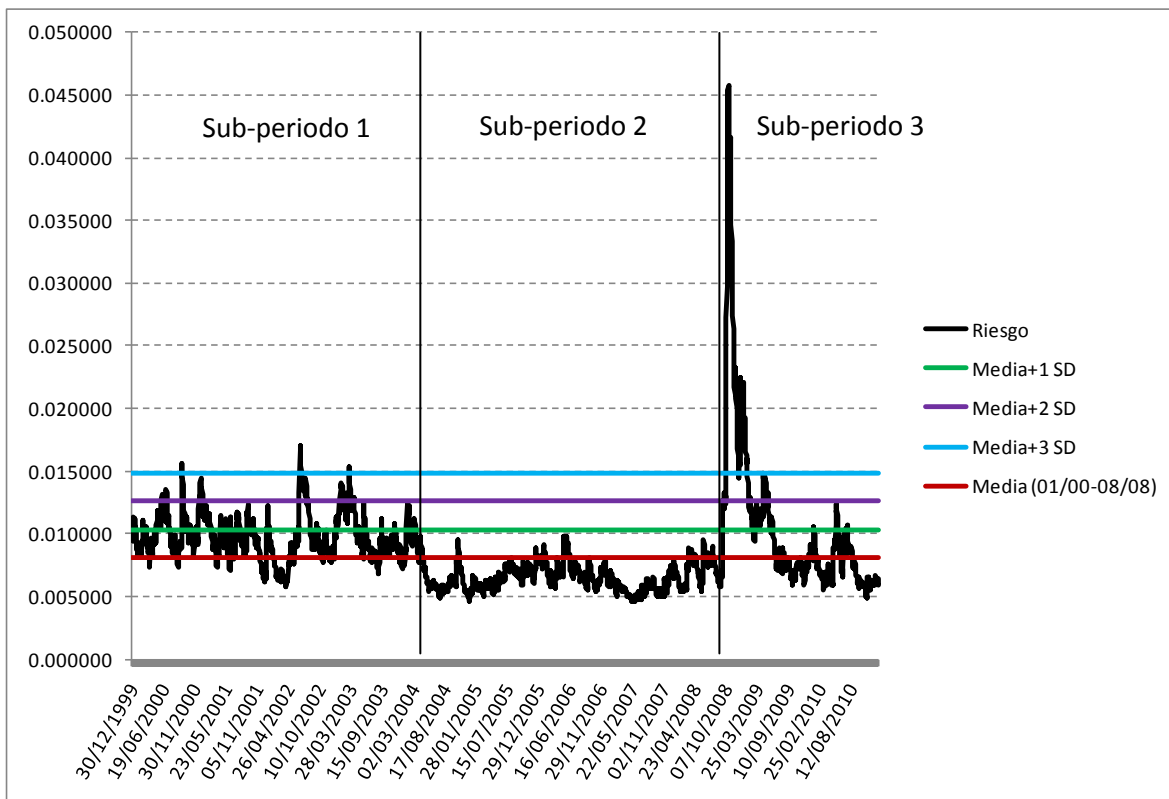
Confirma esta persistencia en el riesgo estimado aunque, en este caso, un efecto auto-regresivo significativo se puede encontrar incluso en rezagos de orden mayor como se muestra en el análisis AR(4) siguiente:

Tabla 4.11 Análisis auto-regresivo del riesgo estimado del retorno del tipo de cambio MXN/EUR

Muestra: 1 a 2816	Núm. De Obs. =	2816
Log pseudolikelihood* = 17133	Wald chi2(2) =	537792.92
	Prob > chi2 =	0.0000

	σ	Coef.**	Semi-robust Std. Err.	Z	Pr> z	[95% Conf. Interval]	
AR	Const	0.008606	0.000999	8.61	0.000	0.006647	0.010563
	AR(1)	1.152380	0.008607	133.89	0.000	1.135512	1.169249
	AR(2)	-0.061856	0.011294	-5.48	0.000	-0.083991	-0.039721
	AR(3)	-0.041250	0.018969	-2.17	0.030	-0.078430	-0.004070
	AR(4)	-0.064739	0.012588	-5.14	0.000	-0.089412	-0.040066
	Sigma	0.000551	0.000002	187.43	0.000	0.000545	0.000557

Gráfica 4.7 Comportamiento del riesgo de cambio estimado en México MXN/EUR, 2000-2010



Esta información revela que la reversión de variaciones en la serie del riesgo estimado es un poco más gradual si se le compara con el caso del dólar. Esta característica amplía la probabilidad de ocurrencia de los escenarios de medio y alto riesgo si se mantienen horizontes trimestrales como se puede apreciar en la Tabla 4.15.

Tabla 4.12 Resumen de variaciones en el riesgo estimado por signo (MXN/EUR)

Signo	Frec.	%
Negativo	1,945	69.07
Positivo	871	30.93
Total	2,916	100.00

Tabla 4.13 Clasificación histórica del riesgo calculado en la serie de rendimientos diarios del tipo de cambio MXN/EUR, 2000-2010

Nivel de riesgo	Días	%
Bajo	2,252	79.97
Medio	359	12.75
Alto	147	5.22
Muy alto	58	2.06
Suma	2,816	100.00

Consecuentemente, el esquema propuesto de estrategias es distinto. Algunas estrategias indicadas para niveles de riesgo moderado incluso pierden aplicabilidad (como la estrategia 3 / 4, *Bear spread*) mientras las probabilidades de escenarios extremos se incrementan (notoriamente reflejándose en incrementos para la aplicabilidad de las estrategias 1 / 2, *Bull spread*, 7, *Long call condor* y 8, *Long straddle*)

Tabla 4.14 Resumen de oportunidades de aplicación observadas para las alternativas estratégicas, MXN/EUR 2000-2010

Estrategia	Frecuencia	%
1 / 2	24	54.55
3 / 4	0	0.00
5	3	6.82
6	5	11.36
7	7	15.91
8	3	6.82
9	2	4.55
	44	100.00

Finalmente se obtiene una estructura estratégica específica para la cobertura del riesgo asociado al tipo de cambio del peso frente al euro. Ésta responde a sus características estadísticas particulares y a su propia probabilidad de ocurrencia de escenarios de riesgo.

Se trata de un esquema distinto de recomendaciones de estrategia financiera⁶⁸, apropiada para la serie específica del tipo de cambio respecto al euro, lo cual muestra la utilidad de la metodología para generar respuestas ante escenarios de riesgo en series diferentes.

Tabla 4.15 Oportunidades de aplicación observadas por trimestre, MXN/EUR 2000-2010

Año	Trimestre			
	I	II	III	IV
2000	1	8	7	7
2001	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2
2002	5	9	1 / 2	1 / 2
2003	1 / 2	1 / 2	6	1 / 2
2004	1 / 2	1 / 2	7	1 / 2
2005	1 / 2	8	1 / 2	1 / 2
2006	1 / 2	6	7	6
2007	1 / 2	1 / 2	6	9
2008	7	1 / 2	7	5
2009	5	1 / 2	1 / 2	7
2010	1 / 2	6	1 / 2	8

Las casillas sombreadas indican sólo las recomendaciones de política coincidentes con el esquema estratégico generado para la serie del dólar estadounidense. Se aprecia que estas coincidencias se dan primordialmente bajo condiciones de riesgo bajo.

⁶⁸ Sólo 19 recomendaciones (43% del total de escenarios evaluados) son coincidentes con el esquema correspondiente a la serie del tipo de cambio en relación al dólar.

V. Conclusiones y Recomendaciones. Ventajas en el uso de instrumentos financieros derivados para la cobertura del riesgo de cambio en México

En este capítulo se muestran las conclusiones del estudio en el marco de sus hipótesis junto con las recomendaciones concisas que en cada aspecto se consideran relevantes.

5.1 Conclusiones generales

Al finalizar esta investigación se pueden expresar las siguientes conclusiones generales:

Se confirma la existencia de evidencia cuantitativa a favor de la aplicabilidad práctica actual de instrumentos derivados, particularmente de opciones financieras, en México para la cobertura del riesgo proveniente del mantenimiento de posiciones abiertas en divisas. De igual manera se ha mostrado que dicha información es susceptible de ser analizada, clasificada y aprovechada para el desarrollo de estrategias de cobertura a través de opciones financieras.

Estas conclusiones se basan en los siguientes elementos abordados a lo largo del estudio:

La descripción de la naturaleza, relevancia y contexto histórico reciente del riesgo de cambio en México.

Una medición del riesgo de cambio en México entre 2000 y 2010 que es objetiva, transparente, replicable y clasificable, útil para la definición e identificación de escenarios específicos.

La confrontación de un abanico de alternativas estratégicas de cobertura basadas en el uso de opciones financieras sobre divisas frente a los referidos escenarios de riesgo de donde se desprende la estrategia más ventajosa en cada caso.

La asociación que se desarrolló entre las consideraciones técnicas que se han desarrollado a la fecha en estudios especializados sobre los mercados cambiarios y la formación de expectativas por parte de las entidades económicas en relación a las variaciones en el tipo de cambio.

5.2 Conclusiones y recomendaciones específicas

Teniendo como referencia las hipótesis particulares de esta investigación, se formulan las siguientes conclusiones específicas:

5.2.1 Utilidad del uso de derivados para la cobertura del riesgo de cambio en México

La economía mexicana tiene un enlace estructural con las actividades de comercio e intercambio financiero con el exterior. Por ello, una fracción considerable de la actividad económica tiene una exposición directa al riesgo que implican variaciones importantes en el tipo de cambio, sobre todo bajo el esquema de la política cambiaria presente consistente en la libre flotación.

Las condiciones de mercado que involucran el intercambio de divisas muestran permanentemente ciclos de ampliación y contracción de su volatilidad que, además, configuran el problema de *agrupamiento* en la misma. Además, se han presentado periodos de alta volatilidad con variaciones importantes en el tipo de cambio.

En este contexto el uso de instrumentos derivados, particularmente de opciones sobre el tipo de cambio, constituye una herramienta útil y plenamente aplicable para mitigar el riesgo originado por tales variaciones. Actualmente se cuenta en México con estos instrumentos a través de un mercado organizado como lo es el MexDer que pone al alcance de usuarios interesados estos instrumentos de manera estandarizada pero, al igual que en él, existe un espacio importante para la ampliación en el uso de contratos OTC que mejor se adapten a sus necesidades específicas.

Las múltiples configuraciones estratégicas que se pueden lograr a través de la combinación de opciones permiten su aplicación a un espectro de condiciones de riesgo cambiario igualmente diverso, aportando ventajas específicas en cada escenario.

Por su parte, la regulación específica sobre el uso de instrumentos derivados ha evolucionado de manera considerable en los últimos años para prevenir prácticas nocivas que en el pasado sólo contribuyeron al descrédito de los derivados.

De este modo, la certidumbre que aportan a los usuarios les permitiría hacer más eficientes sus esquemas de administración financiera y planeación en el mediano y largo plazos y, principalmente, minimizar las posibles pérdidas que pueden resultar de periodos de mediana, alta y muy alta volatilidad.

Este trabajo aporta información para una mayor comprensión del uso complejo de las opciones sobre divisas que, por ese medio, fundamenta la recomendación en el sentido de ampliar su aplicación por parte de las empresas mexicanas expuestas al riesgo de cambio.

5.2.2 Sobre la metodología técnica de análisis

Para fines de aplicación de políticas de administración de riesgos, la medición que de éste se realice resulta fundamental. Esta debe ser objetiva, transparente y, sobre todo, aprovechable para fines de toma de decisiones.

Múltiples adaptaciones específicas a preocupaciones particulares han surgido a partir de la metodología básica de análisis estadístico *GARCH*, sin embargo su estructura básica es plenamente útil para desarrollar estudios generales sobre el comportamiento del riesgo financiero a partir de información histórica.

De la aplicación que aquí se desarrolló se desprende no sólo su utilidad general en el contexto de los derivados sobre divisas sino además que es una herramienta idónea para enfrentar características tan marcadas en las series estadísticas como el agrupamiento temporal de la varianza y la presencia de grandes saltos en la información. De este modo la aplicación de la metodología *GARCH* permitió realizar una medición robusta y objetiva del riesgo de cambio a partir de series financieras de interés.

La obtención de indicadores relativos (en este caso, variantes en el tiempo) a través de medias móviles permite realizar evaluaciones sobre las condiciones recientes de los mercados financieros de modo que se capturan información estadística valiosa sobre un periodo específico relevante para el análisis temporal. El uso de indicadores relativos es esencial para el desarrollo de estrategias de reacción en la administración de riesgos así como en la financiera.

El análisis *GARCH* es consistente con estas consideraciones estadísticas ya que captura información sobre la persistencia temporal de las variaciones en la series no sólo respecto a sus propios rezagos sino, además, sobre una estructura temporal de persistencia en la volatilidad.

Uno de los retos principales que aún deben ser revisados con mayor profundidad es el que consiste en la clasificación de los resultados de la medición del riesgo a través de criterios bien definidos. Esto permitirá un paso más eficiente de los hallazgos estadísticos a las decisiones de política financiera. Es también deseable que estos criterios incorporen parámetros de aversión al riesgo para los usuarios de las estrategias.

5.2.3 Sobre las oportunidades para la ampliación en el uso de opciones sobre divisas en México

En esta investigación se han recopilado y plasmado diversos hechos sobre la estructura y condiciones de la economía mexicana actual que conducen a concluir que el sector externo y, en específico, variables como el tipo de cambio (y su

riesgo asociado) tienen implicaciones de gran importancia no sólo en términos de su desempeño de corto plazo sino que, adicionalmente, encuentran canales de impacto en su patrón de desarrollo de mediano y largo plazos a través de variables como la importación de bienes de capital. Éstos representan nichos particularmente importantes para atender por medio de coberturas como las que aquí se han analizado.

Las estadísticas sobre el uso actual de opciones financieras sobre divisas en México indican que existe un considerable potencial para la ampliación de su uso por parte de un universo importante de posibles usuarios que se verían beneficiados por el incremento en el grado de certidumbre financiera.

El perfil comercial de México y su orientación al crecimiento hacia afuera son elementos que contribuyen a revelar importantes espacios de aplicación para estos instrumentos.

5.2.4 Sobre la estructura estratégica para la cobertura del riesgo de cambio

Uno de los principales resultados de este trabajo es la formación de un esquema sistemático de acciones a tomar por el administrador de riesgos frente a escenarios específicos del riesgo de cambio en México. Se trata de un catálogo de alternativas eficientes para la mitigación del riesgo aplicadas de acuerdo a una medición y clasificación que de éste se ha realizado.

A través de combinaciones complejas de opciones como los *spread* verticales, las *straddle* y *strangle*, así como las *butterfly* o los *condor* se estructuró este esquema estratégico que aprovecha su mayor funcionalidad y ventajas para responder a condiciones específicas denotadas por dos parámetros característicos: la tendencia y la volatilidad de la serie de riesgo estimado. La generación de reglas de decisión es, de esta manera, transparente y da sustento objetivo a la toma de decisiones.

Esta estructura constituye, a la vez, una muestra de la capacidad de las opciones financieras para hacer frente a una amplia gama condiciones de riesgo por sí solas así como un importante punto de partida para el desarrollo de esquemas de mayor complejidad y que puedan incluir el uso de otros instrumentos financieros.

Su utilidad se evidencia además al ser capaz de generar recomendaciones específicas a las condiciones de dos series estadísticas distintas, mostrando su capacidad y flexibilidad para recoger, asimilar y aprovechar información para la formulación de recomendaciones de política.

5.2.5 Acerca de la extensión en el uso de opciones financieras en México para incluir al euro

La concentración del intercambio comercial y financiero hacia los Estados Unidos es evidente, sin embargo hoy en día algunos resultados de los esfuerzos de diversificación ya son perceptibles. Y es ahí donde Europa aparece junto con la región Asia-Pacífico como principales mercados para una potencial expansión del intercambio.

Particularmente, la Unión Europea se ha ubicado como segundo destino para las exportaciones mexicanas y la Eurozona es el origen del 9% de las importaciones de la economía mexicana lo que revela un importante fortalecimiento de las relaciones comerciales con ese bloque.

Esto conlleva implicaciones claras en el sentido de un incremento en la exposición de empresas mexicanas al riesgo originado por las variaciones en el tipo de cambio respecto al euro. De ahí que exista un universo potencial de usuarios de estrategias de cobertura como la que aquí se ha desarrollado en relación al euro.

Esta moneda ha adquirido un indudable posicionamiento mundial como medio de cambio e incluso como reserva de valor, es actualmente la segunda moneda por su uso en transacciones comerciales y, destacadamente, la segunda en el mundo en ser el subyacente de derivados financieros sobre divisas en general, así como en el caso de las opciones financieras.

Por esto, la integración paulatina de México al intercambio comercial y financiero hacia los países de la Eurozona representa también la expansión de las demandas y oportunidades para el uso de instrumentos como las opciones sobre el euro.

Como aquí se revisó, al igual que en el caso del dólar la cotización del euro sufrió variaciones importantes (casi paralelas en términos de su dimensión) como la de finales de 2008 que también configuran una transformación estructural de la serie en términos estadísticos y que justifican la recomendación que aquí se hace hacia el uso de estrategias de cobertura como las que se presentan en esta investigación.

En concordancia con lo anterior, se recomienda extender la investigación para identificar el universo específico de entidades en la economía mexicana expuestas al riesgo de cambio en relación a esta moneda.

VI. Bibliografía y Hemerografía

- Abarca, G.; Benavides, G. y Rangel, J. G. (2010) *Exchange Rate Market Expectations and Central Bank Policy: The case of the Mexican Peso-US Dollar from 2005-2009*. Banco de México Working Paper N° 2010-17.
- Aguirre, M. Sophia y Saidi, Reza (2000), Volatility Behavior of Exchange Rate Future Contracts. *Applied Economics Journal*. Vol. 28, No. 4, p. 396-411.
- Arámbula Reyes, A. y Corona Aguilar, E. (2008), *Tratados Comerciales de México*. Centro de Documentación, Información y Análisis, Cámara de Diputados, México.
- Arteaga, J. M. (2008-10-14), Arremete Banxico contra Comercial Mexicana. Periódico *El Universal*, sección Cartera.
- Banco de México, (2002-12-26) *Circular 10-266. Operaciones financieras conocidas como derivadas*.
- Banco de México, *Disposición M.52. Operaciones financieras conocidas como derivadas*.
- Banco de México (2006), *Circular 4/2006 relativa a operaciones derivadas*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de diciembre de 2006.
- Banco de México (2009), *Regímenes Cambiarios en México a partir de 1954*. Septiembre.
- Benavides, G. y Capistrán, C. (2009) *Forecasting Exchange Rate Volatility: The Superior Performance of Conditional Combinations of Time Series and Option Implied Forecasts*. Banco de México Working Papers N° 2009-01. Enero.
- Black, F. y Scholes, M. (1973), The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*.
- Bollerslev, T. (1986) Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. Abril, 31:3, p. 307–27.
- Celis, D. (2009-10-12) Pretende Comerci arreglo consensual en EU, sin garantes y a favor de derivadistas. En *Excelsior*, sección Dinero, p. 3.
- Chen, An-Sing (1997), Volatility of Exchange Rate Futures and High-low Price Spreads. *Journal of Economics and Finance*. Vol. 21, No. 1, p. 33-42.
- Chesney, M.; Marois, B.; Wojakowski, R. y Hernández, F. (2001), *El Manejo del Riesgo Cambiario: Las Opciones sobre Divisas*. Limusa, México.

- Cipriani, M. y Guarino, A. (2009), Herd Behavior in Financial Markets: An Experiment with Financial Market Professionals. *Journal of the European Economic Association*. Marzo Vol. 7, p. 206–233.
- Clarida, Richard H y Taylor, Mark P. (1997), The Term Structure of Forward Exchange Premiums and the Forecastability of Spot Exchange Rates: Correcting the Errors. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 79, No. 3. Agosto, p. 353-361.
- Colín Martínez, Ma. Del Carmen (1998), *El arbitraje en el mercado de futuros del tipo de cambio en México 1978-1997: un análisis de cointegración*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Economía, UNAM, México.
- Costa R., L. y Font V., M. (1995) *Divisas y riesgo de cambio. Manual Práctico*. Editorial ESCI-Instituto Español de Comercio Exterior. Madrid. Cap. 7.
- Dalenius, T. y Hodges, J. L. (1959) Minimum Variance Stratification. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 54, No. 285. Marzo, p. 88-101.
- Davidson, R. y MacKinnon J. G. (2004), *Econometric Theory and Methods*. Oxford University Press. Nueva York.
- Delbaen, F. y Schachermayer, W. (1994) A general version of the fundamental theorem of asset pricing. *Mathematische Annalen*. N° 300, p. 463-520. Springer Verlag.
- Dominguez, K. M. and Frankel, J. A. (1993) Does foreign exchange intervention matter? The portfolio effect. *American Economic Review*, No. 83, p. 1356-1369.
- Dominguez, K. M. y Panthaki, F. (2007), The influence of actual and unrequited interventions. *International Journal of Finance & Economics*, Vol. 12, No. 2, p. 171 – 200.
- Engle, R. (1982) Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*. 50:4, p. 987–1007.
- Engle, R. (2001) GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics. *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 15, Núm. 4 (Otoño) págs. 157–168.
- Fama, Eugene F. (1970) Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*. Vol. 25. N° 2. Págs 383-417. Mayo.
- Fama, Eugene F. (1984), Forward and spot exchange rates. *Journal of Monetary Economics*. Vol. 14, No. 3, Noviembre, p. 319-338.

- Ferguson, I. (2010-05-5), Los 3 retos de Comercial Mexicana. En *CNN-Expansión.com*, publicación en Internet: <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2010/05/05/comerci-auditoria-ricewaterhousecoopers>.
- Garbade, K.D. y Silber W.L. (1983), Price Movements and Price Discovery in Futures and Cash Markets. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 65, No. 2, Mayo, p. 289-297.
- Garman, M. B. y Kohlgagen, S. W. (1983), Foreign Currency Option Values. *Journal of International Money and Finance*. Diciembre.
- Herbst, Anthony F. (1992), *Analyzing and Forecasting Futures Prices. A Guide for Hedgers, Speculators and Traders*. Wiley Finance Editions, John Wiley & Sons, Nueva York.
- Hernández, Roberto; Fernández, C. y Baptista, Pilar (2003), *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill, México.
- Hodgson, D. J.; Linton, O. y Vorkink, K. (2004), Testing forward exchange rate unbiasedness efficiently: a semiparametric approach. *Journal of Applied Economics*. Vol. VII, No. 1, p. 325-353.
- Hodrick, Robert J. (1987), *The Empirical Evidence on the Efficiency of Forward and Futures Foreign Exchange Markets*. Routledge, Londres.
- Hull, John C. (2002), *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. 4ta Ed. Pearson Educación, Madrid.
- Jansen, D. y Haan, J. (2006), Look who's talking: ECB communication during the first years of EMU. *International Journal of Finance & Economics*, Vol. 11, No. 3, p. 219 – 228.
- Johnston, K. y Scott, E. (2000) GARCH Models and the Stochastic Process Underlying Exchange Rate Price Changes. *Journal of Financial and Strategic Decisions*. Vol. 13 Núm. 2 Verano. p. 13-24.
- Klitgaard, Thomas y Weir, Laura (2004), Exchange Rate Changes and Net Positions of Speculators in the Futures Market. *Economic Policy Review*, Federal Reserve Bank of New York. P. 17-28.
- Landon, S. y Smith, C. (2003), The Risk Premium, Exchange Rate Expectations and the Forward Exchange Rate: Estimates for the Yen-Dollar Rate. *Review of International Economics*, No. 11, p. 144-158.
- Lavoie, M. (2000), A Post Keynesian View of Interest Parity Theorems. *Journal of Post Keynesian Economics*, No. 23, p. 163-179.
- , Jornada, La (Periódico). México, D. F. 17 de junio de 2012. Portada.

- , *Ley del Mercado de Valores*. Diario Oficial de la Federación, México, 30 de diciembre de 2005 (actualizada con la reforma del Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 2009).
- Madura, Jeff (2007), *International Financial Management*. 8a ed. Thomson South-Western, p. 157-171.
- Martínez, J.M. (2008-10-15), Derivados, maldición del peso y empresas. *En CNN-Expansión.com*, publicación en Internet: <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2008/10/15/derivados-maldicion-del-peso-y-empresas>.
- Mata Flores, E. (2005) *Macroeconomic Policy Coordination in OECD Countries*. Inédito. Tesis de Maestría, The University of Manchester.
- McMillan, David G. (2005), Cointegrating behaviour between spot and forward exchange rates. *Applied Financial Economics*, Routledge, No. 15, p. 1135-1144.
- MexDer (2004-03-22), *Listado de Opciones Financieras en México. Inician operaciones las Opciones sobre el IPC y sobre América Móvil L.* Comunicado de Prensa.
- MexDer (2006a), *Opciones del Dólar en MexDer IXE y Monex realizan la primera operación*. Comunicado de Prensa, 27 de julio de 2006.
- MexDer (2006b), *Opciones en MexDer. Opciones del Dólar de los Estados Unidos de América*. Agosto, 2006.
- Moosa, Imad, A. (2004), An empirical examination of the Post Keynesian view of forward exchange rates. *Journal of Post Keynesian Economics*, Vol. 26, No. 3, p. 395-418.
- Notimex (2004-03-22), Flexibilizan mercado bursátil; arrancan opciones en MexDer. En *El Siglo de Torreón*. Sección de Finanzas.
- Options Clearing Corporation, The. Nota de prensa 03-16, Marzo 2011. http://www.optionsclearing.com/about/press/releases/2011/03_16.jsp
- Paiella, M. (2001), *Limited Financial Market Participation: A Transaction Cost-Based Explanation*. The Institute for Fiscal Studies Working Paper 01/06. Febrero.
- Podobnik, B. , et ál. (2004), ARCH-GARCH approaches to modeling high-frequency financial data. *Physica A*. Núm. 344, p. 216-220. Elsevier.
- Ramchander, S. y Sant, R. R. (2002), The impact of federal reserve intervention on exchange rate volatility: evidence from the futures markets. *Applied Financial Economics*, No. 12, p. 231-240.

Secretaría de Economía (2011), Seminario *Facilitación Comercial y Negocios entre México y la Unión Europea*. México, D.F., 28 de junio de 2011.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2005-12-15), *Disposiciones de carácter general en materia de usos y prácticas financieras relativas a las recomendaciones que formulen entidades financieras para la celebración de operaciones con valores e instrumentos financieros derivados*. En *Diario Oficial de la Federación*, p. 91-94.

Sengupta, Jati K. y Sfeir, Raymond (1998), Past trend versus future expectation: test of exchange rate volatility. *Applied Economics Letters*, No. 5, p. 139-142.

Soldevilla, Emilio (1996), *Opciones y futuros sobre divisas. Estrategias negociadoras del riesgo de cambio*. Asociación para el Progreso de la Dirección, Madrid.

Taleb, N. N. (2007), Black Swans and the Domains of Statistics. *The American Statistician*. August, Vol. 61, No. 3, p. 1-3.

Tauchen, G. (2001), The bias of tests for a risk premium in forward exchange rates. *Journal of Empirical Finance*, No. 8 p. 695–704.

Verschoor, W. y Wolff, Ch. (2001), Exchange risk premia, expectations formation and “news” in the Mexican peso/U.S. dollar forward exchange rate market. *International Review of Financial Analysis*, No. 10, p. 157-174.

Vij, Madhu (2002), Forward Foreign Exchange Rates as an Unbiased Predictor of Future Spot Rates: The Empirical Evidence. *Journal of Management Research*, Vol. 2, No. 2, Agosto, p. 79-86.

Wolff, Christian C. P. (2000), Forward foreign exchange rates and expected future spot rates. *Applied Financial Economics*, Routledge, No. 10, págs 371-377.

Yunsi, C. (2006) *Detecting Jumps in High-Frequency Financial Series Using Multipower Variation*. Banco de México Working Paper N° 2006-10.

Zivot, E. (2000), Cointegration and forward and spot exchange rate regressions, *Journal of International Money and Finance*, No. 19, p. 785-812.

Principales mercados internacionales de derivados:

Bolsa de Mercaderías y Futuros, www.bmf.com.br

Chicago Board of Trade, www.cbot.com

Chicago Mercantile Exchange www.cme.com

Eurex, www.eurexchange.com

International Securities Exchange, www.ise.com

London International Financial Futures and Options Exchange, www.liffe.com

Mercado Mexicano de Derivados S.A. de C.V., www.mexder.com.mx

NASDAQ OMX, <http://www.nasdaqtrader.com/Micro.aspx?id=phlx>

Singapore International Monetary Exchange, www.simex.com.sg

Sydney Futures Exchange, www.sfe.com.au

Tokio International Financial Futures Exchange, www.tiffe.or.jp

Estadísticas:

Banco Central Europeo, <http://www.ecb.int/stats/html/index.en.html>

Banco de México, <http://www.banxico.org.mx/estadisticas/index.html>

Bank of International Settlements (2010), *Triennial Central Bank Survey. Report on global foreign exchange market activity in 2010 Monetary and Economic Department*. Diciembre.

INEGI, Banco de Información Económica,
<http://dgcnesyp.inegi.org.mx/bdiesi/bdie.html>

MexDer, Estadísticas periódicas,
<http://www.mexder.com.mx/MEX/Estadisticas.shtml>

Organización Mundial del Comercio, *Statistics Database*.
<http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx?Language=S>

Sistema de Información Empresarial Mexicano, *Estadísticas*.
<http://www.siem.gob.mx/siem2008/portal/consultas/ligas.asp?Tem=5>

Secretaría de Economía, *Estadísticas de comercio exterior de México*.
Subsecretaría de Comercio Exterior, México.
http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p_Estadisticas_de_Comercio_Internacional

Otros: International Organization for Standardization, ISO 4217:2008/Cor 1:2008 code list, www.iso.ch

VII. Anexos

Anexo 1. Características de un contrato de futuro del dólar de los Estados Unidos de América en el Mercado Mexicano de Derivados S.A. de C.V.



Términos y Condiciones Generales de Contratación del Contrato de Futuro del Dólar de los Estados Unidos de América (Entrega en especie)

I. OBJETO.

1. Activo subyacente.

Dólar: moneda de curso legal en los Estados Unidos de América.

2. Número de unidades del activo subyacente que ampara un contrato de futuro.

\$10,000.00 (Diez mil dólares 00/100).

3. Series.

En términos de sus respectivos reglamentos interiores, MexDer y Asigna podrán listar y mantener disponibles para su negociación distintas series del contrato de futuro sobre el dólar sobre una base de vencimientos diarios, mensuales o trimestrales hasta por diez años.

En caso de que el mercado demande la disponibilidad de contratos de futuro sobre el dólar con fechas de vencimiento distintas a las señaladas en el párrafo anterior, MexDer podrá listar nuevas series para su negociación.

II. MECÁNICA DE NEGOCIACIÓN.

1. Símbolo o clave de pizarra.

Las distintas series del contrato de futuro del dólar serán identificadas con un símbolo o clave de pizarra que se integrará por la expresión: “DA” a la que se agregarán dos números para identificar el día específico del mes en que ocurre su vencimiento y la primera letra más la siguiente consonante del mes de vencimiento y los últimos dos dígitos del año de vencimiento. En el siguiente cuadro se señalan algunos ejemplos:

Símbolo o clave de pizarra del contrato de futuro	Clave del activo subyacente	Día de vencimiento	Mes de vencimiento	Año de vencimiento
DA15 EN07	DA	15 = Día 15	EN = Enero	07 = 2007
DA25 EN07	DA	25 = Día 25	EN = Enero	07 = 2007
DA12 MR07	DA	12 = Día 12	MR = Marzo	07 = 2007
DA29 AG08	DA	29 = Día 29	AG = Agosto	08 = 2008

Para efectos de difusión, los contratos que se listarán con series mensuales aparecerán con la clave DEUA y aquellos contratos con series diarias aparecerán como DA.

2. Unidad de cotización.

En la celebración de contratos en MexDer, la unidad de cotización del precio futuro estará expresada en moneda de curso legal en los Estados Unidos Mexicanos denominada pesos, hasta en diezmilésimas (\$0.0001) por dólar.

3. Puja.

La presentación de posturas para la celebración de contratos se reflejará en fluctuaciones mínimas del precio futuro de una diezmilésima de un peso (\$0.0001) por dólar.

4. Valor de la puja por contrato de futuro.

El valor del cambio en el precio futuro de un contrato por una puja es de \$1.00 peso, el cual resulta de multiplicar una puja (\$0.0001) por el número de unidades de activo subyacente (10,000.00 dólares) que ampara el contrato.

5. Medios de negociación.

La celebración de contratos de futuro del dólar será mediante procedimientos electrónicos a través del sistema electrónico de negociación de MexDer, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en su reglamento, sin perjuicio de la facultad de MexDer de establecer alguna mecánica distinta.

III. CARACTERÍSTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE NEGOCIACIÓN.

1. Fluctuación diaria máxima del precio futuro.

No habrá fluctuación máxima del precio futuro durante una misma sesión de remates.

2. Horario de negociación.

El horario de negociación de los contratos de futuro del dólar será en días hábiles de las 7:30 horas a las 14:00 horas tiempo de la Ciudad de México, Distrito Federal. Asimismo, se considerará como parte del horario de negociación el periodo de negociación al precio de liquidación diaria y las subastas que convoque MexDer, de acuerdo a lo establecido en el numeral IV.4.d) de este contrato.

Lo anterior sin perjuicio de la facultad de MexDer para establecer algún horario distinto, mismo que será publicado en el Boletín con tres días hábiles de anticipación a su entrada en vigor.

3. Horario de negociación a precio de liquidación diaria.

El precio de liquidación diaria será calculado por MexDer al cierre de cada sesión de negociación y permitirá, la negociación de contratos de futuro del dólar

mediante la presentación de posturas en firme al precio de liquidación diaria por parte de los socios liquidadores y operadores de MexDer. El periodo en el que MexDer recibirá posturas en firme para negociar al precio de liquidación diaria será de 14:25 a 14:35 horas.

Lo anterior sin perjuicio de la facultad de MexDer para establecer algún horario distinto, mismo que será publicado en el boletín con tres días hábiles de anticipación a su entrada en vigor.

4. Último día de negociación y fecha de vencimiento de la serie.

El último día de negociación y la fecha de vencimiento de cada serie del contrato de futuro del dólar será la fecha especificada en el símbolo o clave de pizarra de acuerdo con el inciso II.1) anterior.

Para los contratos con vencimiento mensual o trimestral el último día de negociación y la fecha de vencimiento será el lunes en la semana correspondiente al tercer miércoles del mes de vencimiento y si dicho lunes fuera inhábil, el último día de negociación y la fecha de vencimiento será el día hábil inmediato anterior.

5. Negociación de nuevas series.

La negociación de nuevas series del ciclo del contrato de futuro, se iniciarán el día hábil siguiente al último día de negociación de la serie anterior.

6. Fecha de liquidación al vencimiento.

Para efectos del cumplimiento de las obligaciones a cargo de Asigna y del Socio Liquidador con respecto al Cliente, la fecha de liquidación de cada serie del contrato de futuro del dólar, será el segundo día hábil siguiente a la fecha de vencimiento, siendo requisito indispensable que tanto el primer como el segundo día siguiente a la fecha de vencimiento, sean días hábiles en los Estados Unidos de América y en los Estados Unidos Mexicanos.

IV. LIQUIDACIÓN DIARIA Y LIQUIDACIÓN AL VENCIMIENTO.

1. Liquidación al Vencimiento.

El Cliente efectuará la liquidación al vencimiento de las obligaciones relativas a los contratos que mantengan abiertos, el segundo día hábil siguiente a la fecha de vencimiento.

2. Procedimiento para la liquidación al vencimiento.

En la fecha de liquidación, dos días hábiles después de la fecha de vencimiento, los Clientes con posiciones cortas tendrán la obligación de entregar a las 11:00 a.m. en el Banco y en la cuenta indicada por el Socio Liquidador, el monto en dólares que resulte de multiplicar los dólares amparados por un contrato por el número de sus contratos abiertos. En la misma fecha de liquidación con posterioridad al cumplimiento de su obligación, los Clientes con posiciones cortas tendrán el derecho de recibir en moneda nacional en el horario, el Banco y la cuenta convenida con el Socio Liquidador, la cantidad que resulte de multiplicar el precio de liquidación al vencimiento por el número de dólares que ampara un contrato por el número de contratos abiertos.

En la fecha de liquidación, dos días hábiles después a la fecha de vencimiento, los Clientes con posiciones largas tendrán la obligación de entregar en moneda nacional a las 11:00 a.m. en el Banco y en la cuenta indicada por el Socio Liquidador, la cantidad que resulte de multiplicar el precio de liquidación al vencimiento por el número de dólares que ampara un contrato por el número de contratos abiertos. En la misma fecha de liquidación con posterioridad al cumplimiento de su obligación, los Clientes con posiciones largas tendrán el derecho de recibir en dólares en el horario, el Banco y la cuenta convenida con el Socio Liquidador, el monto que resulte de multiplicar los dólares amparados por un contrato por el número de contratos abiertos.

En la fecha de liquidación, dos días hábiles después de la fecha de vencimiento, los Socios Liquidadores tendrán la obligación de entregar a las 12:00 hrs. en la cuenta de Asigna en el Banco Agente en los Estados Unidos de América, el monto en dólares que resulte de multiplicar los dólares amparados en un contrato por el total de los contratos abiertos de la posición corta neta. En la misma fecha de liquidación con posterioridad al cumplimiento de su obligación, los Socios Liquidadores tendrán el derecho de recibir en moneda nacional en el horario, el Banco y la cuenta convenida con Asigna, la cantidad que resulte de multiplicar el precio de liquidación al vencimiento por el número de dólares que ampara un contrato por el número de contratos abiertos de la posición corta neta.

En la fecha de liquidación, dos días hábiles después de la fecha de vencimiento, los Socios Liquidadores tendrán la obligación de entregar a las 12:00 hrs., en moneda nacional en la cuenta de Asigna en el Banco Agente en México, la cantidad que resulte de multiplicar el precio de liquidación al vencimiento por el número de dólares que ampara un contrato por el número de contratos abiertos en la posición larga neta. En la misma fecha de liquidación con posterioridad al cumplimiento de su obligación, los Socios Liquidadores tendrán el derecho de recibir en el horario, el Banco en los Estados Unidos de América y la cuenta convenida con Asigna, el monto en dólares que resulte de multiplicar los dólares amparados por un contrato por el total de los contratos abiertos en posición larga neta.

3. Liquidación diaria.

Los Clientes y los Socios Liquidadores realizarán la liquidación de sus obligaciones conforme lo hayan establecido en el contrato de intermediación.

Los Socios Liquidadores y Asigna realizarán diariamente la liquidación de sus obligaciones conforme lo establece el reglamento interior de Asigna, quedando incorporados en la misma, las pérdidas y ganancias, la actualización de las aportaciones iniciales mínimas, la actualización del fondo de compensación, los intereses devengados y, en su caso, las cuotas correspondientes.

4. Cálculo del precio de liquidación diaria.

Finalizada una sesión de negociación, MexDer calculará los precios de liquidación diaria para cada serie, de acuerdo con el orden de prelación y la metodología siguientes:

- a) El cálculo del precio de liquidación diaria, en primera instancia, será el precio que resulte del promedio ponderado de los precios pactados en las operaciones de los contratos de futuro celebradas durante los últimos cinco minutos de la sesión de negociación por serie y ajustado a la puja más cercana, conforme a la fórmula siguiente:

Donde:

PL_t = Precio de liquidación del contrato de

$$PL_t = \frac{\sum_{i=1}^n PiVi}{\sum_{i=1}^n Vi}$$

futuro sobre el dólar en el día t, redondeado a la puja más cercana.

n = Número de operaciones celebradas en los últimos cinco minutos de la sesión de negociación.

Pi = Precio pactado en la i-ésima operación.

Vi = Volumen pactado en la i-ésima operación.

- b) En caso de que no se hayan concertado operaciones durante el periodo que se establece en el inciso IV.4.a) anterior, el precio de liquidación diaria para cada serie será el precio promedio ponderado por volumen de las posturas y/o cotizaciones en firme vigentes al final de la sesión de negociación; conforme a la fórmula siguiente:

Donde:

$$PL_t = \frac{PcVv + PvVc}{Vc + Vv}$$

PL_t = Precio de liquidación del contrato de futuro sobre el dólar en el día t, redondeado a la puja más cercana.

P_C = Precio de la(s) mayor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de compra vigente(s) al cierre.

P_V = Precio de la(s) menor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de venta vigente(s) al cierre.

V_C = Volumen de la(s) mayor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de compra vigente(s) al cierre.

V_V = Volumen de la(s) menor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de venta vigente(s) al cierre.

- c) Si al cierre de la sesión no existe al menos una postura de compra y una de venta para un contrato de futuro con misma fecha de vencimiento, el precio de liquidación diaria será el precio futuro pactado en la última operación celebrada durante la sesión de remate.

- d) Si durante la sesión de remate no se hubiese celebrado operación alguna para una fecha de vencimiento de un contrato de futuro, el precio de liquidación diaria será el que resulte de la subasta convocada por MexDer en términos de su reglamento.
- e) Si en la subasta, señalada en el inciso iv.4.d) anterior, el mayor precio de compra resulta inferior al menor precio de venta, el precio de liquidación diaria será el precio promedio ponderado por volumen de las posturas y/o cotizaciones en firme vigentes al final de la sesión de negociación; conforme a la fórmula expuesta en el inciso IV.4.b) anterior.
- f) En caso de que no se hayan recibido posturas de compra y venta en firme para la realización de la subasta, señalada en el inciso iv.4.d) anterior, el precio de liquidación diaria será el que resulte conforme a la fórmula siguiente:

Donde:

PL_t = Precio de liquidación del contrato de futuro sobre el dólar en el día t, redondeado a la puja más cercana.

S_t = Tipo de cambio SPOT determinado en el día t, (ajustado por la diferencia en días naturales de la fecha valor de dicho tipo de cambio y la fecha valor de operaciones a 48 horas) publicado por el Proveedor de Precios contratado por MexDer.

$$PL_t = S_t \left(\frac{1 + i_{t,M}^{DI} \left(\frac{M}{360} \right)}{1 + i_{t,M}^{LI} \left(\frac{M}{360} \right)} \right)$$

$i_{t,M}^{DI}$ = Tasa de rendimiento doméstica implícita observada el día t, para el plazo de vigencia del futuro, publicada por el Proveedor de Precios contratado por MexDer.

$i_{t,M}^{LI}$ = Tasa de rendimiento LIBOR observada el día t para el plazo de vigencia del futuro, publicada por el Proveedor de Precios contratado por MexDer.

M = Número de días por vencer del contrato de futuro.

t = Día de la valuación o de liquidación.

No obstante lo previsto en los incisos IV.4.a), IV.4.b) y V.4.c) anteriores, en caso de que más de una tercera parte de los formadores de mercado consideren que el precio de liquidación no refleja el precio que prevalecía al cierre de la sesión, podrán solicitar al Director de Operaciones que convoque a una subasta para determinar el Precio de Liquidación, el cual resolverá si dicha solicitud es fundada o no.

5. Precio de liquidación al vencimiento.

El precio de liquidación al vencimiento para un contrato de futuro en la fecha de vencimiento, será calculado por MexDer conforme a la metodología empleada para el cálculo del precio de liquidación diaria.

V. POSICIONES LÍMITE EN CONTRATOS DE FUTURO DEL DÓLAR.

1. Posiciones límite en posiciones cortas o largas y en posición opuesta.

Las posiciones límite establecidas para el contrato de futuro del dólar es el número máximo de contratos abiertos de una misma clase que podrá tener un Cliente; las posiciones límite serán establecidas conjuntamente por MexDer y la Cámara de Compensación y serán dadas a conocer a través del boletín.

2. Posiciones límite para las posiciones de cobertura.

Los Clientes podrán abrir posiciones largas y posiciones cortas que excedan las posiciones límite establecidas con forme el numeral v.1 anterior, con el único fin de crear una posición de cobertura de riesgo.

Será responsabilidad del Socio Liquidador verificar la existencia de las condiciones necesarias para la realización de las operaciones y acreditar por cuenta de sus Clientes ante la Cámara de Compensación, la existencia de posiciones objeto de cobertura de riesgos a más tardar el día hábil siguiente en que excedan las posiciones límite, de conformidad con el procedimiento establecido en el manual operativo.

Conforme al reglamento, se entenderá por posiciones de cobertura, la posición corta o posición larga que un Cliente mantenga en la Cámara de Compensación como posición que contribuya a cubrir riesgos de la posición que un Cliente mantenga en otros mercados distintos a la Bolsa y a la Cámara de Compensación, en activos subyacentes o valores del mismo tipo que el activo subyacente u otro tipo de activos sobre los cuales se esté tomando la posición de cobertura de riesgo.

La Cámara de Compensación aceptará o negará discrecionalmente el que un Cliente mantenga una posición de cobertura y, en caso de rechazo, el Socio

Liquidador deberá asegurarse de que su Cliente cierre el número de contratos necesarios para cumplir con las posiciones límite establecidas en el numeral V.1 anterior bajo el entendido de que el no realizar el cierre de los contratos que excedan la posición límite, será objeto de sanción de acuerdo a lo dispuesto en el reglamento interior de la Cámara de Compensación.

VI. EVENTOS EXTRAORDINARIOS.

1. Caso fortuito o causas de fuerza mayor.

Cuando por caso fortuito o causas de fuerza mayor, resulte imposible continuar negociando el dólar, MexDer y Asigna podrán suspender o cancelar la negociación y la compensación y liquidación, respectivamente, del contrato y estarán facultadas en términos de sus respectivos reglamentos para determinar la forma de liquidación de los contratos vigentes hasta ese momento, procurando en todo caso salvaguardar los derechos adquiridos por los Clientes.

2. Situaciones de contingencia.

En caso de que MexDer declare una situación de contingencia, podrán ser modificados tanto el horario de remate como el mecanismo de operación de acuerdo con lo establecido en los manuales de contingencias de MexDer y Asigna.

Anexo 2. Características de un contrato de opción sobre el dólar de los Estados Unidos de América en el Mercado Mexicano de Derivados S.A. de C.V.



**Términos y Condiciones Generales de Contratación de los Contratos de Opción sobre el Dólar de los Estados Unidos de América
(Liquidación en especie)**

I. OBJETO

1. Activo subyacente.

Dólar: moneda de curso legal en los Estados Unidos de América

2. Número de unidades del activo subyacente que ampara un contrato de opción (tamaño del contrato).

\$10,000.00 (Diez mil dólares 00/100).

3. Tipos de contratos de opción.

En todo momento MexDer mantendrá la posibilidad de cotizar contratos de opción de compra (CALL) y de venta (PUT).

4. Estilo del contrato de opción.

Europeo. Se ejercen únicamente en la fecha de vencimiento.

5. Series.

En términos de su reglamento interior, MexDer listará y mantendrá disponibles para su negociación contratos de opción sobre el dólar, tanto de compra (CALL) como de venta (PUT) en los precios de ejercicio especificados en el numeral i.6 y sobre una base trimestral, lo que significa que de manera permanente estarán disponibles para su negociación contratos de opción con fechas de vencimiento en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre.

En caso que el mercado demande la disponibilidad de contratos de opción sobre el dólar con fechas de vencimiento distintas a las señaladas en el párrafo anterior, MexDer podrá listar nuevas series para su negociación.

6. Precios de ejercicio.

Para cada vencimiento MexDer listará distintas series de la siguiente forma:

- Un precio de ejercicio (ATM) equivalente al precio de cierre del dólar fecha valor spot del día hábil inmediato anterior redondeado al múltiplo de 0.05 pesos más próximo.
- Adicionalmente se listarán al menos dos precios de ejercicio superiores y otros dos inferiores al anteriormente descrito.

Los precios de ejercicio se expresarán en pesos de acuerdo al precio del dólar fecha valor spot y serán múltiplos de 0.05 pesos.

Se podrán listar nuevos precios de ejercicio en cada vencimiento durante la vida de los contratos de opción cuando el precio del dólar fecha valor spot al final de una sesión haya sido superior al segundo precio de ejercicio más alto, o inferior al segundo precio de ejercicio más bajo. Los nuevos precios de ejercicio se listarán al siguiente día hábil en el que se observe la situación antes descrita.

Cuando las condiciones de mercado lo requieran, MexDer podrá listar una mayor cantidad de precios de ejercicio para proveer los contratos adecuados en esas condiciones.

II. MECÁNICA DE NEGOCIACIÓN.

1. Símbolo o clave de pizarra.

Las distintas series de los contratos de opción sobre el dólar serán identificadas con un símbolo o clave de pizarra que MexDer publicará en el Boletín de Indicadores de Mercado de Productos Derivados (en adelante “boletín”) de la siguiente forma:

Los primeros dos dígitos serán letras y/o números características del nombre del activo subyacente, a las que se agregarán hasta 5 dígitos para especificar el precio de ejercicio (dos enteros y tres decimales) y por último un dígito más que especifica el tipo de contrato de opción y el mes de vencimiento.

El último dígito empleado para definir el mes de vencimiento y el tipo de contrato de opción corresponderá a cualquiera de los siguientes:

Vencimiento	Call	Put
Enero	A	M
Febrero	B	N
Marzo	C	O
Abril	D	P
Mayo	E	Q
Junio	F	R
Julio	G	S
Agosto	H	T
Septiembre	I	U
Octubre	J	V
Noviembre	K	W
Diciembre	L	X

Algunos ejemplos son los siguientes:

Instrumento	Descripción
DA 11250C	Opción CALL con vencimiento en marzo con precio de ejercicio 11.250
DA 11250F	Opción CALL con vencimiento en junio con precio de ejercicio 11.250
DA 11200U	Opción PUT con vencimiento en septiembre con precio de ejercicio 11.200
DA 11200X	Opción PUT con vencimiento en diciembre con precio de ejercicio 11.200

2. Unidad de cotización.

La unidad de cotización de la prima del contrato de opción estará expresada en pesos y centavos de peso por unidad de activo subyacente.

3. Puja.

La presentación de posturas para la celebración de contratos de opción se reflejará en fluctuaciones mínimas de la prima de \$0.001 (una milésima de peso).

4. Medios de negociación.

La celebración de contratos de opción sobre el dólar se realizará mediante procedimientos electrónicos a través del Sistema Electrónico de Negociación de MexDer, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en su reglamento interior, sin perjuicio de la facultad de MexDer para establecer alguna mecánica distinta.

III. CARACTERÍSTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE NEGOCIACIÓN.

1. Fluctuación diaria máxima de las primas.

No habrá fluctuación máxima de la prima del contrato de opción durante una misma sesión de remate.

2. Horario de negociación.

El horario de negociación de los contratos de opción sobre el dólar, será en días hábiles de las 7:30 horas a las 14:00 horas tiempo de la Ciudad de México, Distrito Federal.

Lo anterior sin perjuicio de la facultad de MexDer para establecer algún horario distinto, mismo que será publicado en el boletín con tres días hábiles de anticipación a su entrada en vigor.

3. Último día de negociación y fecha de vencimiento de la serie.

El Último Día de Negociación y la Fecha de Vencimiento de una Serie del Contrato de Opción sobre el Dólar será el día de vencimiento del contrato de futuro mensual sobre el dólar de los Estados Unidos de América listado en MexDer para el mes de vencimiento de dicha Serie.

4. Negociación de Nuevas Series.

La negociación de series con vencimiento distinto al establecido en el inciso i.5, se iniciará el día hábil siguiente al de la fecha de su anuncio a través de boletín. Las nuevas series del ciclo del contrato de opción conforme al inciso i.5 comenzarán su negociación al día hábil siguiente del último día de negociación de la serie anterior.

5. Fecha de liquidación al vencimiento.

Para efectos del cumplimiento de las obligaciones a cargo de la Cámara de Compensación y del Socio Liquidador con respecto al Cliente, será el segundo día hábil siguiente a la fecha de vencimiento, siendo requisito indispensable que sea día hábil en los Estados Unidos de América y en los Estados Unidos Mexicanos.

IV. LIQUIDACIÓN DIARIA Y LIQUIDACIÓN AL VENCIMIENTO.

1. Liquidación al vencimiento.

En la fecha de vencimiento, al cierre de la sesión de negociación, los Operadores, Clientes y Socios Liquidadores que mantengan posiciones cortas en contratos de opción sobre el dólar adquieren la obligación de realizar la liquidación de las obligaciones relativas a los contratos que mantengan abiertos.

La liquidación al vencimiento de los contratos de opción sobre el dólar, se realizará mediante el ejercicio automático de todas las posiciones que tengan valor intrínseco positivo igual o mayor al umbral de autoejercicio que establezca la Cámara de Compensación en su reglamento interior y manual operativo.

La entrega de los dólares amparados por los contratos de opción, se realizará de acuerdo al procedimiento y horarios establecidos en el reglamento interior y manual operativo de la Cámara de Compensación

Todos aquellos contratos de opción que no hayan sido ejercidos en la fecha de vencimiento expirarán sin valor.

2. Fecha de liquidación del precio o prima.

Para efectos del cumplimiento de las obligaciones a cargo de la Cámara de Compensación y del Socio Liquidador con respecto al Cliente, es el primer día hábil siguiente a la fecha en que se celebre la operación en MexDer.

3. Valor intrínseco del contrato de opción al vencimiento.

Un contrato de opción de compra tendrá valor intrínseco cuando el precio de ejercicio sea inferior al precio del dólar fecha valor spot que dé a conocer MexDer.

El valor spot mencionado se obtendrá del proveedor de precios contratado por MexDer.

Un contrato de opción de venta tendrá valor intrínseco cuando el precio de ejercicio sea superior al precio del dólar fecha valor spot que dé a conocer MexDer.

El valor spot mencionado se obtendrá del proveedor de precios contratado por MexDer.

En los casos contrarios el valor intrínseco será de cero.

4. Liquidación diaria.

Los Clientes y Socios Liquidadores realizarán la liquidación de sus obligaciones conforme lo hayan establecido en el contrato de intermediación.

Los Socios Liquidadores y la Cámara de Compensación realizarán diariamente la liquidación de sus obligaciones conforme lo establece el reglamento interior de la Cámara de Compensación, quedando incorporados en la misma, las primas pactadas en la negociación, la actualización de las aportaciones iniciales mínimas, la actualización del fondo de compensación, los intereses devengados y las cuotas correspondientes.

5. Precio o prima de liquidación diaria.

El precio o prima de liquidación diaria será calculado por MexDer al cierre de la sesión de negociación mediante el modelo de valuación que publique en el boletín, obteniendo información de mercado para las variables que puedan afectar el precio o prima.

V. POSICIONES LÍMITE.

1. Posiciones límite en posiciones cortas o largas.

Las posiciones límite establecidas para el contrato de opción sobre el dólar, es el número máximo de contratos abiertos de una misma clase que podrá tener un Cliente. Las posiciones límite serán establecidas conjuntamente por MexDer y la Cámara de Compensación y serán dadas a conocer a través del boletín.

2. Posiciones límite para las posiciones de cobertura.

Los Clientes podrán abrir posiciones largas y posiciones cortas que excedan las posiciones límite establecidas conforme el numeral V.1 anterior, con el único fin de crear una posición de cobertura de riesgo.

Será responsabilidad del Socio Liquidador verificar la existencia de las condiciones necesarias para la realización de las operaciones y acreditar por cuenta de sus Clientes ante la Cámara de Compensación, la existencia de posiciones objeto de cobertura de riesgos a más tardar el día hábil siguiente en que excedan las posiciones límite, de conformidad con el procedimiento establecido en el manual operativo de la Cámara de Compensación.

Conforme al reglamento interior de la Cámara de Compensación, se entenderá por posiciones de cobertura, la posición corta o posición larga que un Cliente mantenga en la Cámara de Compensación como posición que contribuya a cubrir riesgos de la posición que un Cliente mantenga en otros mercados distintos a MexDer y a la Cámara de Compensación, en activos subyacentes o valores del mismo tipo que el activo subyacente u otro tipo de activos sobre los cuales se esté tomando la posición de cobertura de riesgo.

La Cámara de Compensación aceptará o negará discrecionalmente el que un Cliente mantenga una posición de cobertura y, en caso de rechazo, el Socio Liquidador deberá asegurarse que su Cliente cierre el número de contratos necesarios para cumplir con las posiciones límite establecidas conforme el numeral v.1 anterior, bajo el entendido que de no realizar el cierre de los contratos que excedan la posición límite, el Socio Liquidador se hará acreedor a la imposición de las medidas disciplinarias previstas en el reglamento interior de la Cámara de Compensación.

VI. EVENTOS EXTRAORDINARIOS.

1. Definición de evento extraordinario.

Por evento extraordinario se entenderá el que se suspenda la cotización en MexDer de alguno de los activos subyacentes objeto de los contratos de opción.

Si ocurriera un evento extraordinario en un activo subyacente, se suspenderá la negociación del contrato de opción correspondiente.

2. Caso fortuito o causas de fuerza mayor.

Cuando por caso fortuito o causas de fuerza mayor, resulte imposible continuar negociando el activo subyacente, MexDer y la Cámara de Compensación podrán suspender o cancelar la negociación y la compensación y liquidación, respectivamente, de los contratos de opción, y podrán en términos de sus respectivos reglamentos interiores determinar la forma de liquidación de los contratos vigentes hasta ese momento, procurando en todo caso salvaguardar los derechos adquiridos por los Clientes.

Cuando a juicio de la Cámara de Compensación las condiciones económicas de mercado hagan inconveniente la liquidación en especie de los contratos de opción que sean exigibles en la fecha de liquidación, ésta podrá ordenar que la liquidación de los contratos se realice en efectivo. En este caso, los Socios Liquidadores y los Clientes estarán obligados a aceptar y, en su caso, a pagar, el monto en efectivo correspondiente a dicha liquidación.

3. Situaciones de contingencia.

En caso que MexDer declare una situación de contingencia, podrán ser modificados tanto el horario de remate como el mecanismo de operación de acuerdo con lo establecido en el manual de contingencias de MexDer y de la Cámara de Compensación.

Anexo 3. Programa en STATA® para la aplicación del modelo GARCH, clasificación del riesgo de cambio y selección de estrategias de cobertura.

Mediante la siguiente serie de instrucciones, desarrollada íntegramente durante esta investigación, se pueden replicar sus resultados y aprovecharlos para desarrollos posteriores (incluso para muestras diferentes, siempre que se trate de cotizaciones diarias).

El programa tiene amplias posibilidades de aplicación para fines de enseñanza sobre los temas y técnicas incluidos en la investigación.

```

*** Carga de la información ***

insheet using "...\MXN_USD.csv", clear
set more off
gen t=_n
    tsset t

*** Se obtiene la serie de retornos del tipo de cambio: ***

gen ret=log(e/e[_n-1])

*** sus gráficas analíticas ***

    line ret t, xtitle(Observación) scheme(s2mono)
    ac ret, scheme(s1mono)
    pac ret, scheme(s1mono)

*** y sus pruebas de estacionariedad ***

    dfuller ret, regress lags(0) nocons
    pperron ret, regress nocons
    kpss ret, notrend

*** Aplicación GARCH y obtención de la serie de riesgo ***

arch ret, arch(1) garch(1) robust technique(bhhh)nocons
    predict sigma2, v
        line ret sigma2 t

    gen riesgo=sqrt(sigma2)
        line ret riesgo t, title("Tipo de Cambio MXN/USD.")
subtitle("Medición del Riesgo, 2000-2011") xtitle("Periodo")
scheme(s2color8) legend(on)

*** Se identifican inicio, mitad y fin de cada trimestre: ***

gen dia=substr(fecha,1,2)
gen mes=substr(fecha,4,2)
gen anio=substr(fecha,7,4)
    destring dia mes anio, replace

gen trim="I" if mes>=1 & mes <=3

```



```

    replace trim="II" if mes>=4 & mes <=6
    replace trim="III" if mes>=7 & mes <=9
    replace trim="IV" if mes>=10 & mes <=12
        tab trim, m

egen d_cont=seq(), from(1) to (80) by(trim anio)
    egen max_cont=max(d_cont), by(trim anio)

gen hemi_trim=1 if d_cont<=30
    replace hemi_trim=2 if d_cont>=31

gen fase=1 if d_cont==1
    replace fase=2 if d_cont==31
    replace fase=3 if d_cont==max_cont
        tab fase

*** Tendencia en el tipo de cambio (k): ***

egen sum_e_tr=sum(e), by(hemi_trim trim anio)
gen k_o=sum_e_tr/sum_e_tr[_n-1] if fase==2
    replace k_o=0 if k_o==.
egen k=total(k_o), by(trim anio)

*** Y en el riesgo (r): ***

egen sum_riesgo_tr=sum(riesgo), by(hemi_trim trim anio)
gen r_o=sum_riesgo_tr/sum_riesgo_tr[_n-1] if fase==2
    replace r_o=0 if r_o==.
egen r=total(r_o), by(trim anio)

*** Se generan promedios móviles del riesgo (q=30): ***

tssmooth ma double r_ma_q_o=riesgo, window(30 0)
    replace r_ma_q_o=0 if fase~=2
egen r_ma_q=total(r_ma_q_o), by(trim anio)

*** Y la desviación estándar móvil (q=30): ***

egen double r_sd_q_o=sd(riesgo), by(hemi_trim trim anio)
    replace r_sd_q_o=0 if fase~=2
egen r_sd_q=total(r_sd_q_o), by(trim anio)

*** Los estratos de riesgo (límites superiores): ***

gen rb=r_ma_q+(1*r_sd_q)
gen rm=r_ma_q+(2*r_sd_q)
gen ra=r_ma_q+(3*r_sd_q)

*** Clasificación del nivel histórico del riesgo: ***

gen riesgo_clas=1 if riesgo<rb
    replace riesgo_clas=2 if riesgo>=rb & riesgo<rm
    replace riesgo_clas=3 if riesgo>=rm & riesgo<ra

```

```

replace riesgo_clas=4 if riesgo>=ra

label define clas 1 "Bajo" 2 "Medio" 3 "Alto" 4 "Muy alto"
label values riesgo_clas clas
tab riesgo_clas, m

*** Selección de estrategias (trimestrales): ***

keep if fase==3
table anio trim, c(max max_cont) col row

gen estrategia = 1 if k>1 & k<1.3 & riesgo_clas==1
replace estrategia = 3 if k>0.7 & k<1 & riesgo_clas==1
replace estrategia = 5 if r<=0.8
replace estrategia = 6 if r>=1.2
replace estrategia = 7 if riesgo_clas==2
replace estrategia = 8 if riesgo_clas==3
replace estrategia = 9 if riesgo_clas==4
tab estrategia, m
table anio trim, c(mean estrategia)

drop *_o d_cont max_cont hemi_trim fase fecha dia mes sum_e_tr
sum_riesgo_tr

```

© STATA es una marca registrada de StataCorp LP 4905 Lakeway Drive College Station, Texas 77845, Estados Unidos de América.