UNIVERSIDAD DE OCCIDENTE

UNIDAD CULIACÁN

DOCTORADO EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE LA OPCIÓN, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA AL MODELO BLACK-SCHOLES. EL CASO DE LAS ORGANIZACIONES ACUÍCOLA DEL SUR DE SONORA

PERIODO (2006-2011)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS PRESENTA:

MANUEL MUÑOZ PALMA

DIRECTOR DE TESIS:
DR. EZEQUIEL AVILÉS OCHOA

Culiacán, Sinaloa, México, Diciembre 2011

A mi esposa Eva, por su apoyo incondicional ante este proyecto de vida y para el logro de esta meta.

A mi padres Adelina y Manuel (†); y en especial a mis hermanos Lupita (†) y Ariel (†), que se encuentran en una mejor vida y que siempre están presentes en mi corazón.

A mis profesores de la Universidad de Occidente; en especial a mi director de tesis Dr. Ezequiel Avilés Ochoa, por todo su apoyo; a los profesores: Dr. Ramón Martínez Huerta, Dr. Marco Antonio Rodríguez Peñuelas, Dr. Juan Carlos Leyva López, Dr. Rene B. Pérez Sicairos, Dra. Marcela R. Contreras Loera.

A ustedes mi gratitud y respeto.

A mis compañeros del grupo: Manuel Jesús (tocayo), Pavel, Luis Alfredo, Ma. Refugio, Luis David, Emiliano y Minerva.

Al personal de apoyo del posgrado:

Mtro. Medina, Karla, Mayte y don Enrique.

A todas las personas que contribuyeron para el logro de este trabajo.

Gracias.

Resumen

En la presente investigación se realiza un análisis sobre los distintos modelos para administrar el riesgo financiero. La volatilidad de los mercados financieros ha provocado que cada vez sea más necesario establecer modelos para determinar sus efectos en los precios, como el caso del mercado de futuros y de derivados. Se hace una revisión teórica con aplicación práctica de los principales modelos para la determinación del tipo de cambio y de los regímenes cambiarios; así como los modelos econométricos de series de tiempo como: *Arima, Promedio móviles, Winters y Análisis de tendencias;* también se estudian los distintos métodos para la medición y control de los riesgos financieros. Se elabora una propuesta para la determinación del precio de una opción cambiaria aplicando la lógica difusa en las variables tipo de cambio, tasa de interés doméstica y tasa de interés foránea con base en el modelo Black-Scholes tradicional; también se realiza la evaluación económica y financiera de un proyecto acuícola con financiamiento en dólares y el uso de cobertura cambiaria, para medir la rentabilidad de la inversión, con base en las técnicas del VAN borroso y la TIR borrosa, lo que permitirá una optimización de la decisión en la inversión con financiamiento. Esto con el objetivo de diseñar estrategias financieras que permitan que las organizaciones acuícolas del sur de Sonora puedan implantar un sistema de control y evaluación del riesgo financiero por medio de instrumentos de coberturas, para lograr minimizar el riesgo, con mayores índices de rentabilidad que beneficien a toda la organización.

Palabras clave:

Riesgo financiero, números borrosos, volatilidad, opción cambiaria, series de tiempo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS xi

INTRODUCCIÓN xvi

Capítulo I. MARCO CONTEXTUAL Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Contextualización del problema de investigación 1

1.2 Planteamiento del problema de investigación 5

1.2.1 Formulación del problema de investigación 10

1.3 Delimitación del problema 11

1.4 Objetivos 12

1.5 Justificación 13

1.6 Hipótesis 15

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1 El riesgo 17

2.1.1 Tipos de riesgos 20

2.1.2 Administración del riesgo 25

2.1.2.1 Beneficios *28*

2.1.2.2 El papel de la alta dirección *29*

2.1.2.3 Proceso de administración de riesgos *30*

2.2 Tipo de cambio y regímenes cambiarios 31

2.2.1 Regímenes cambiarios *34*

2.2.2 Teorías para la determinación del tipo de cambio *36*

2.2.2.1 Teoría de paridad y poder adquisitivo (PPA) *38*

2.2.2.1.1 El modelo de tipo de cambio a largo plazo a partir de la PPA *43*

2.2.2.2 Teoría de paridad de las tasas de interés (PTI) *45*

2.2.2.3 Teoría de la balanza de pagos *51*

2.3 Mercado de derivados y modelación 59

2.3.1 Instrumentos de derivados (forwards, futuros y opciones) *64*

2.3.2 Coberturas cambiarias *67*

2.3.3 Opciones *69*

2.3.3.1 Ventajas y desventajas de utilizar opciones *69*

2.3.3.2 El precio y el valor de la opción *70*

2.3.4 Modelos para el control de riesgos financieros *72*

2.3.4.1 Modelo Black-Scholes *74*

2.3.4.2. Modelo de Garman-Kohlhagen *79*

2.3.4.3 Modelo binomial *81*

2.3.4.4 Modelo Hull-White *84*

2.3.4.5 Valor en Riesgo (VaR) *86*

2.4 Lógica difusa o teoría *fuzzy* 90

2.4.1 Antecedentes *92*

2.4.2 Teoría de los conjuntos difusos *94*

2.4.2.1 Operaciones elementales con conjuntos difusos *99*

2.4.2.2 Números borrosos *100*

2.4.3 La lógica difusa y el modelo Black-Scholes *104*

Capítulo III. DECISIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Paradigmas de la metodología de investigación 107

3.2 Estrategia de investigación 109

3.2.1Metodología empleada en la investigación *110*

3.2.2 Tipo de investigación *110*

3.3 Investigación de campo 110

3.3.1 Diseño de la investigación *110*

3.3.2 Selección de la muestra *112*

3.3.3 Técnicas de recolección de datos *113*

3.4 Planteamiento estadístico de la hipótesis 116

3.4.1 La prueba T-Student *117*

3.4.2 Criterios de mínimos cuadrados *119*

3.4.2.1 Heteroscedasticidad *119*

3.4.2.2 Medidas remediales *123*

Capítulo IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de la disminución de la incertidumbre del mercado de derivados en México 124

4.2 La aplicación de la lógica difusa en las variables económicas que intervienen en el precio de una opción cambiaria 127

4.2.1 Análisis del efecto de la fuzificacion de la variable tipo de cambio para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011 129

4.2.2 Análisis del efecto de la fuzificacion de la variable tasa cetes para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011 141

4.2.3 Análisis del efecto de la fuzificacion de la variable tasa T-bill para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011 151

4.3 Determinación del precio de la opcion cambiaria con la fuzificación de las variables, tipo de cambio, tasa de interés doméstica y tasa de interés foránea 162

4.4 Análisis de la evaluación económica y financiera con el uso de coberturas cambiarias en el financiamiento 167

4.5 Planteamiento estadístico de la hipótesis 178

Capitulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

Anexos

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Empresas con pérdidas por operaciones en los mercados financieros 30

TABLA 2. Teorías de régimen cambiario 36

TABLA 3. Estudios realizados sobre la tasa de interés 47

TABLA 4. Estrategias de compra y venta para una opción *call* y una opción *put* 71

TABLA 5. Evolución de la lógica difusa 93

TABLA 6. Relación de informantes clave 112

TABLA 7. Tripleta de confianza de tipo de cambio, marzo 2009 129

TABLA 8. Nivel de presunción para el tipo de cambio, marzo 2009 132

TABLA 9. Tripleta de confianza de tipo de cambio, junio 2009 133

TABLA 10. Nivel de presunción para tipo de cambio, junio 2009 134

TABLA 11. Tripleta de confianza para tipo de cambio, marzo 2010 135

TABLA 12. Nivel de presunción para tipo de, marzo 2010 136

TABLA 13. Tripleta de confianza para tipo de cambio para junio 2010 137

TABLA 14. Nivel de presunción para tipo de cambio, junio 2010 138

TABLA 15. Tripleta de confianza para el tipo de cambio, marzo 2011 139

TABLA 16. Nivel de presunción para el tipo de cambio, marzo 2011 140

TABLA 17. Tripleta de confianza de tasa cetes, marzo 2009 141

TABLA 18. Nivel de presunción para la tasa cetes, marzo 2009 142

TABLA 19. Tripleta de confianza para tasa cetes, junio 2009 143

TABLA 20. Nivel de presunción para la tasa cetes, junio 2009 144

TABLA 21. Tripleta de confianza para la tasa cetes, marzo 2010 145

TABLA 22. Nivel de presunción para la tasa cetes, marzo 2010 146

TABLA 23. Tripleta de confianza para la tasa cetes, junio 2010 147

TABLA 24. Nivel de presunción para la tasa cetes junio 2010 148

TABLA 25. Tripleta de confianza para la tasa cetes, marzo 2011 149

TABLA 26. Nivel de presunción para la tasa cetes, marzo 2011 150

TABLA 27. Tripleta de confianza para la tasa *T-bill*, marzo 2009 152

TABLA 28. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, marzo 2009 153

TABLA 29. Tripleta de confianza para tasa *T-bill*, junio 2009 154

TABLA 30. Nivel de presunción para la *T-bill*, junio 2009 155

TABLA 31. Tripleta de confianza para la *T-bill*, marzo 2010 156

TABLA 32. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, marzo 2010 157

TABLA 33. Tripleta de confianza para la tasa *T-bill*, junio 2010 158

TABLA 34. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, junio 2010 159

TABLA 35. Tripleta de confianza para la tasa *T-bill*, marzo 2011 160

TABLA 36. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, marzo 2011 161

TABLA 37. Resultados obtenidos en el nivel de máxima presunción 163

TABLA 38. Resultados obtenidos para la presunción del extremo superior 164

TABLA 39. Resultados obtenidos para la presunción del extremo inferior 165

TABLA 40. Flujo de efectivo y tasas de interés representadas en NBT para el proyecto A y B, a cinco años 168

TABLA 41. Intervalos de los flujos de efectivo en la expresión α-corte para el proyecto A 169

TABLA 42. Intervalos de la tasa de interés en la expresión *α-corte* 169

TABLA 43. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el primer año 170

TABLA 44. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el segundo año 170

TABLA 45. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el tercer año 170

TABLA 46. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el cuarto año 171

TABLA 47. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el quinto año 171

TABLA 48. Niveles de presunción y gráfico de NBT para VPN del proyecto A 172

TABLA 49. Intervalos de los flujos de efectivo en la expresión α-corte para el proyecto B 172

TABLA 50. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el primer año del proyecto B 173

TABLA 51. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el segundo año 173

TABLA 52. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el tercer año 173

TABLA 53. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el cuarto año 174

TABLA 54. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el quinto año 174

TABLA 55. Niveles de presunción y gráfico de NBT para VPN del proyecto B 175

TABLA 56. Niveles de presunción para VPN del proyecto A y B 175

TABLA 57. Niveles de presunción y gráfico del NBT para la TIR del proyecto A 177

TABLA 58. Niveles de presunción y gráfico del NBT para la TIR del proyecto B 178

TABLA 59. Resultados de pruebas de hipótesis 195

TABLA 60. Ganancias y pérdidas de una opción *call* 227

TABLA 61. Ganancias y pérdidas de una opción *put* 228

TABLA 62. Rendimiento por acción 234

TABLA 63. Unidad de muestreo 251

TABLA 64. Juntas locales de sanidad 252

TABLA 65. Unidades de producción de Lobos 253

TABLA 66. Unidades de producción de los Melagos 254

TABLA 67. Unidades de producción de la Atanasia 254

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Comportamiento de la inflación en el periodo 1990 a 2010 23

FIGURA 2. Comportamiento del peso/dólar y de la balanza comercial en México 24

FIGURA 3. Regímenes cambiarios en México 33

FIGURA 4. Evolución de las reservas en divisas 35

FIGURA 5. Fracaso de la devaluación al establecer equilibrio en la balanza de pagos 56

FIGURA 6. Árbol binomial para una opción americana 81

FIGURA 7. Árbol binomial de dos saltos 83

FIGURA 8. Distribución normal del VaR 89

FIGURA 9. Representación gráfica de niveles “gris-oscuro” con un conjunto difuso 96

FIGURA 10. Representación de los colores como los subconjuntos difuso 97

FIGURA 11. Representación de un modelo de lógica difusa 98

FIGURA 12. Representación gráfica de un número borroso triangular 101

FIGURA 13. Diagrama de investigación 115

FIGURA 14. Regla de decisión para una prueba de una cola 118

FIGURA 15. Comparación del precio de una opción entre el Mex-Der y el modelo B-S tradicional 125

FIGURA 16. Comportamiento de la tasa de interés doméstica y foránea de marzo 2008 a marzo 2010 126

FIGURA 17. Comportamiento diario del rendimiento del tipo de cambio en el año 2008-2009 127

FIGURA 18. Representación gráfica de la tripleta de confianza de expertos, marzo 2009 130
FIGURA 19. Representación gráfica del NBT del tipo de cambio, marzo 2009 132
FIGURA 20. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, junio 2009 133
FIGURA 21. Representación gráfica del tipo de cambio para junio 2009 134
FIGURA 22. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, marzo 2010 135
FIGURA 23. Representación gráfica del NBT de tipo de cambio para marzo 2010 136
FIGURA 24. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos para junio 2010 137
FIGURA 25. Representación del NBT del tipo de cambio para junio 2010 138
FIGURA 26. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos 139
FIGURA 27. Representación del NBT del tipo de cambio para marzo 2011 140
FIGURA 28. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, marzo 2009 142
FIGURA 29. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes, marzo 2009 143
FIGURA 30. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, junio 2009 144
FIGURA 31. Representación del NBT de la tasa cetes para junio 2009 145
FIGURA 32. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa Cetes, marzo 2010 146
FIGURA 33. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes para marzo 2010 147
FIGURA 34. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa Cetes, junio 2010 148
FIGURA 35. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes para junio 2010 149
FIGURA 36. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa Cetes, marzo 2011 150
FIGURA 37. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes para marzo 2011 151

FIGURA 38. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos 152

FIGURA 39. Representación gráfica de la tasa *T-bill* para marzo 2009 153

FIGURA 40. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa *T-bill*, junio 2009 154

FIGURA 41. Representación gráfica del NBT de la tasa *T-bill* para junio 2009 155

FIGURA 42. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos *T-bill*, marzo 2010 156

FIGURA 43. Representación gráfica de la tasa *T-bill* para marzo 2010 157

FIGURA 44. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos 158

FIGURA 45. Representación gráfica de la tasa *T-bill* para junio 2010 159

FIGURA 46. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa *T-bill*, marzo 2011 160

FIGURA 47. Representación gráfica del NBT de la tasa *T-bill* para marzo 2011 161

FIGURA 48. Comparación del precio de una opción cambiaria en el nivel de máxima presunción 163

FIGURA 49. Comparación del precio de una opción cambiaria en el extremo superior 165

FIGURA 50. Comparación del precio de una opción cambiaria en el extremo inferior 166

FIGURA 51. Regla de decisión para una prueba de una cola en el nivel de significancia de 0.05 181

FIGURA 52. Regla de decisión para una prueba de una cola en el nivel de significancia de 0.10 182

FIGURA 53. Regla de decisión para una prueba de una cola en el nivel de significancia de 0.20 182

FIGURA 54. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S tradicional para el extremo superior 183

FIGURA 55. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S con fuzificación para el extremo superior 183
FIGURA 56. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 95 % en el extremo superior 184
FIGURA 57. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 90 % en el extremo superior 185
FIGURA 58. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 80 % en el extremo superior 186
FIGURA 59. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S tradicional para la máxima presunción 187
FIGURA 60. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S con fuzificación para la máxima presunción 187
FIGURA 61. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 95 % con máximo nivel de presunción 188
FIGURA 62. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 90 % con la máxima presunción 189
FIGURA 63. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 80 % con la máxima presunción 190
FIGURA 64. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S tradicional para el extremo inferior 191
FIGURA 65. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S con fuzificación para el extremo inferior 191
FIGURA 66. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 95 % en el extremo inferior 192

FIGURA 67. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 90 % en el extremo inferior 193

FIGURA 68. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 80 % en el extremo inferior 194

FIGURA 69. Perfil de rendimiento de una opción *call* 227

FIGURA 70. Perfil de rendimiento de una opción *put* 228

FIGURA 71. Histograma de frecuencia de acciones y rendimientos 235

FIGURA 72. Porcentaje en hectáreas de las juntas locales que conforman la superficie total del espejo de agua en Sonora 253

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se aborda uno de los principales problemas a los que están expuestas las organizaciones en la actualidad: los riesgos financieros, los cuales son inherentes a toda organización; algunas los asumen de manera pasiva, mientras que otras los ven como una oportunidad competitiva. En ambos casos, deben ser administrados cuidadosamente, por la pérdida financiera que implican. La administración de riesgos se ha convertido en una necesidad misma de la empresa. Autores como Bodie y Merton la conciben como "un proceso sistemático de analizar y encarar los riesgos mediante la identificación, evaluación, selección del método, implementación y repaso o monitoreo de los riesgos" (Bodie y Merton, 1999, p. 221). Lo que permite establecer estrategias financieras para poder minimizarlos ante el incremento de la volatilidad en los mercados financieros, por influencia de las variables como la tasa de interés, tipo de cambio, inflación, entre otras. Lo anterior ha suscitado un acrecentamiento en la implementación de instrumentos de derivados para cubrirse de manera eficiente contra los riesgos financieros.

Los primeros estudios de la administración de riesgos, se realizaron ante una cierta estabilidad económica y financiera durante un largo periodo, cuando existía un régimen cambiario fijo del tipo de cambio en el Sistema Bretton Woods (SBW), en este periodo los estudios realizados daban respuesta con la utilización de técnicas basados en modelos matemáticos que permitían una mejor planeación financiera. Sin embargo, a partir de la desaparición del Sistema Bretton Woods, se da un incremento de la volatilidad en los mercados financieros. Aunque Harris afirma que "se logró cierta eficacia en el sistema monetario mundial por el cambio de los

sistemas de tipo de cambio fijo a flexible, la crisis petrolera, los cracks financieros de las principales bolsas del mundo, entre otros fenómenos (eventos)" (Harris, 1994, p. 124). Asimismo, se da un crecimiento exponencial de los mercados y la introducción de nuevos instrumentos de derivados; en la actualidad, como se menciona: "los derivados representan 730 trillones de dólares por año, comparativamente en relación con el PIB de Estados Unidos de 14 trillones de dólares" (Galant y Dolan, 2007, p. 4). Dado lo anterior, un desajuste en los mercados podría desatar una crisis superior, a nivel global. Por otro lado, autores como Buffet y Beder (1995) ostentan oposición al uso de los derivados, al considerarlos un riesgo por sí mismo, ya que generan una inminente pérdida de confianza en las entidades financieras, reflejándose en situaciones como la última crisis hipotecaria de Estados Unidos y la crisis griega en Europa. Sin embargo, con todos estos elementos en contra, existe un número mayor de pensadores que apoyan el mercado de derivados, además algunos estudios realizados hoy en día han demostrado que, más que perjudicar, los derivados pueden beneficiar a la organización.

Si bien en países desarrollados el uso de instrumentos de derivados ha tenido un crecimiento vertiginoso en las últimas décadas, en México, el uso de éstos por parte de las empresas es todavía incipiente, aunque con potencial de crecimiento, propiciado por un incremento en el uso de coberturas cambiarias (contrato futuro de divisas) y de tasas de interés (contratos de deuda TIIE a 28 días).

¿Qué haría que una organización decida realizar cobertura para sus riesgos, en particular de los riesgos financieros que son característicos, pero no exclusivos, de economías pequeñas y abiertas a los mercados? De acuerdo con la literatura teórica, si las organizaciones usan instrumentos derivados, como la cobertura cambiaría, disminuyen la volatilidad del flujo de

caja y, por lo tanto, el riesgo que enfrentan los dueños de las organizaciones. Esto podría reducir la quiebra y sus costos, y posiblemente alcanzar la continuidad para el crecimiento e inversión de proyectos atractivos, y como consecuencia tener acceso a mayores niveles de endeudamiento, que permita la continuidad para el crecimiento y permanencia ante la competencia cada vez mayor en los mercados globales.

El análisis del impacto positivo o negativo en las organizaciones, hace necesaria la administración del riesgo, el cual ha adquirido mayor relevancia en responder ¿cómo administrarlo? Los estudios realizados proponen modelos económicos y financieros, basados en las teorías estáticas, en donde parten de razonamientos a partir de la simplificación de la realidad. Los primeros estudios realizados para minimizar el riesgo cambiario, proponen como estrategias financieras la utilización de los derivados; las que utilizan métodos estocásticos para su predicción que han tenido una aceptación en general, como el modelo propuesto por Black y Scholes en su artículo *The Pricing of Option and Corporate Liabilitie*, publicado en 1973, el cual propone la determinación del precio de una opción para opciones americanas, años después, es modificado por Merton.

Las principales teorías que dan soporte a la investigación son la teoría de paridad del poder adquisitivo (PPA), teoría de paridad de las tasas de interés (Fisher) y teoría enfoque monetario de balanza de pagos (MBP); para la determinación del tipo de cambio se aplicarán los modelos econométricos por medio del programa *Minitab*, que permitirá la opinión de los expertos en cada uno de los enfoques para la determinación del tipo de cambio, con la aplicación de la teoría de los conjuntos difusos, y el modelo Black-Scholes para la determinación del costo de las opciones cambiarias.

La investigación se aborda desde un enfoque cuantitativo, se estudiará el fenómeno económico del tipo de cambio, la tasa de interés doméstica y foránea, en la determinación de los precios de las opciones cambiarias en el mercado de derivados en México, sus efectos económicos y financieros en las organizaciones acuícolas del sur de Sonora, para la administración del riesgo cambiario. Se establecerán las estrategias metodológicas para el acercamiento al objeto de estudio; por ser una investigación cuantitativa, se recolectará y se procesará la información para probar la hipótesis, con base en los datos del periodo 2006-2010, para cada una de las variables en el análisis de estudio de la investigación.

La estructura de la tesis, comienza con una introducción que presenta una perspectiva general del tema y una breve descripción de su contenido, se organiza en 5 capítulos, en el capítulo 1 se describe el planteamiento y la delimitación del problema, se dan a conocer los objetivos, la justificación y se propone la hipótesis de la investigación. En el capítulo 2 se presentan las bases teóricas y empíricas que dan sustento al desarrollo de la investigación. En el capítulo 3 se presentan las decisiones teóricas y metodológicas de la investigación, así como se delimita la población objeto de estudio y las técnicas de recolección de datos. En el capítulo 4 se presentan el desarrollo y análisis de los resultados obtenidos y las pruebas de hipótesis estadísticas desarrolladas. Finalmente se presentan las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo del trabajo; así como algunas recomendaciones como propuesta para futuras líneas de investigación en el campo de las ciencias administrativas.

Capítulo I. MARCO CONTEXTUAL Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Contextualización del problema de investigación

En las últimas décadas se han registrado un sinnúmero de eventos económicos a nivel mundial, como la crisis hipotecaria en Estados Unidos de América, la cual tuvo consecuencias en escala e impacto sobre la economía mundial como los llamados créditos *subprime*. Lo anterior indica que gran parte de las organizaciones carecen de un sistema de administración de riesgos, como se menciona en estudios realizados por Deloitte, quien encontró que "el 80 % de las compañías que han sufrido grandes pérdidas en materia de valor fueron expuestas a más de un tipo de riesgo; sin embargo, a menudo no estaban conscientes de la relación entre tales riesgos" (Deloitte, 2005, p. 5).

El riesgo es un factor inherente en la actividad diaria de las operaciones que realiza una organización, lo cual se incrementa ante un entorno global. Cada sector o industria trae consigo sus propios riesgos, los cuales pueden ser en mayor o menor grado, según el tamaño, el desarrollo del sector en donde participa, el mercado, el apoyo del gobierno, entre otros factores; las organizaciones acuícolas no están exentas de esta exposición, con lo que surge la necesidad de implementar la administración de riesgos, la cual se puede definir como "el proceso de identificación, valoración y el control de los riesgos asociados con todas las actividades que podrían ocasionar pérdidas para una entidad" (Mantilla, 1998, p. 16). Los distintos autores establecen la importancia de la reducción del riesgo, el cual se logra cuando

se puede medir de forma clara, esta percepción se somete a juicio de la dirección para establecer el grado de exposición en el que están inmersas las organizaciones, dada la globalización de los mercados financieros.

Ante una economía globalizada, los mercados financieros se caracterizan por una creciente volatilidad; dentro de los indicadores económicos que influyen en forma directa se puede mencionar la tasa de interés, el tipo de cambio, la inflación, la política económica del gobierno o política fiscal, entre otras. La volatilidad es considerada como un elemento inherente en los mercados financieros, ha sido estudiada por distintos investigadores de las ciencias económicas y administrativas, destacan autores como Black, Scholes, Merton, Jorion, Hull, Chang, por sus aportaciones a las finanzas, con modelos que permiten una mejor estimación y valoración del comportamiento de las variables económicas.

La producción acuícola representa una de las actividades de alto riesgo, por comerciar productos de exportación en los mercados mundiales con altos estándares de calidad y por la alta competencia del mercado.

Fideicomisos instituidos en relación a la agricultura FIRA (2009) señala que:

> Entre los países productores de camarón se encuentran Tailandia, Ecuador, Indonesia, China y México. La producción acuícola mundial ha aumentado considerablemente en los últimos años, representan actualmente el 45 % de la producción pesquera total. El mercado mundial del camarón representa 24 597 millones de dólares en ingreso, un 54.5 % corresponde a la producción acuícola y el 45.5 % a la captura en altamar. Entre los países con mayor consumo de este crustáceo se encuentran Estados Unidos de América, Japón y España (p. 12).

En el ámbito nacional, la pesca y la acuacultura son parte importante del quehacer económico y social del país. Según datos registrados señalan que "en el año 2008 la Secretaria de Economía del Gobierno Federal Mexicano reportó un monto de exportaciones de 35 013 toneladas de camarón, con un valor de 370 millones de dólares, de las cuales 95.3 % se enviaron al mercado de Estados Unidos" (FIRA, 2009, p. 38). Y en el año 2009 se registró un crecimiento del 12 % en las exportaciones. Entonces, como puede verse, la acuicultura es una fuente importante de alimentos para la población, ya que aporta insumos para la industria, divisas por la venta de productos de alto valor comercial y genera empleos directos e indirectos en todo el proceso productivo.

FIRA (2009) también señala que:

> En el país se producen 196 000 toneladas de camarón al año, de las cuales 66 % provienen de la acuicultura y el 34 % de la captura en altamar y bahías. La importancia del sector pesquero representa el 5 % del PIB nacional, y a su vez el 2.8 % del PIB corresponde a la acuicultura, el cual no se considera de importancia económica para el país; sin embargo, en la actualidad la acuicultura está conformada por 17 100 empresas, que emplean directamente a 279 040 personas (p. 9).

Por lo anterior, la producción de camarón se considera un potencial económico para el desarrollo sustentable del país y brinda la posibilidad de un desarrollo regional. La producción se concentra, principalmente, en el noroeste del país destacando los estados de "Sinaloa con 42 239 ha, Sonora con 24 529 ha y Nayarit con 4 705 ha" (FIRA, 2009, p. 31).

En Sonora, debido a la diversificación de nuevas alternativas de producción surgen las empresas acuícolas en el sector social y privado; siendo en la actualidad la acuicultura una de

las principales actividades económicas, la cual está organizada en uniones de crédito y asociaciones acuícolas de pequeños y grandes productores. En términos generales, dicha actividad, presenta un cuadro de organización estable, destacando la Asociación de Organismos Acuícolas de Sonora, A.C. Esta estructura de organización les permite a los integrantes de la asociación trazar objetivos y metas comunes y con ello defender sus intereses. Por otro lado, cabe destacar la conformación del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, A. C., asociación integrada por productores a los que les ha permitido lograr posiciones para la toma de decisiones importantes en materia de sanidad acuícola y de ordenamiento de la actividad.

Por el tipo de actividad, las organizaciones acuícolas están más expuestas a riesgos asociados a la naturaleza, como los riesgos meteorológicos, climáticos, y biológicos, estos últimos ocasionados por enfermedades; sin embargo, la organización a su vez puede causar daños a la naturaleza, como la contaminación de las bahías o generación de residuos, lo que se convierte en un riesgo para sí misma.

Es importante mencionar que la organización acuícola del sur de Sonora no lleva a cabo la administración de riesgos, al no considerarlos de manera integral, sino que se enfoca a los riesgos meteorológicos y fisicoquímicos, cubriéndolos con el seguro acuícola ofrecido por AGROASEMEX.

Otro autor considera que “la administración de riesgos se lleva a cabo mediante cuatro productos básicos o instrumentos derivados: contratos adelantados *forward*, futuros *futures*, opciones *options* y *swaps* (Mansell, 1992, p. 229). En México existen programas de cobertura para los productores, como el Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria

(ASERCA), que el gobierno, mediante coberturas de precios subsidiados, implementa para proteger a los productores de maíz, trigo, soya, etcétera, contra variaciones en los precios futuros del mercado. “La cobertura de los riesgos financieros es similar a la adquisición de un seguro; proporciona protección contra los efectos adversos de las variables sobre las cuales no tienen control ni los agentes ‘negocios’ ni los países” (Jorion, 2009, p. 28). Sin embargo, en México, en el caso del precio de camarón, no existen programas de apoyo de coberturas de precios.

1.2 Planteamiento del problema de investigación

Las investigaciones realizadas para la administración de riesgos han evolucionado de acuerdo con modelos planteados por los distintos autores, y han generado una revolución en el estudio de las finanzas a partir de la globalización económica, provocando nuevas fuentes de riesgos y mayor volatilidad en los mercados financieros (Jorion, 2009, p. 270). Algunos autores describen el riesgo como “cualquier situación donde hay incertidumbre acerca de los resultados que ocurrirán” (Harrington y Niehaus, 1999, p. 58). De acuerdo con otro, “es el proceso manejado generalmente por la dirección de finanzas, tesorerías, *trading*, y mercado que suele estar relacionado con las estrategias de posicionaminento o *hedging* vía instrumentos financieros ‘derivados’ y otros *forward*, *swaps*, futuros, opciones, etc.” (Mirabal, 2004, p. 14). Por tanto, es importante considerar como elemento nodal de la administración a la estrategia competitiva, referida a la posición que se ocupa en el sector y en los mercados. Como se menciona, “una compañía que consigue posicionarse bien podrá

obtener altas tasas de rendimiento, aun cuando la estructura de la industria sea desfavorable y, por lo mismo, la rentabilidad sea modesta" (Porter, 1987, p. 11).

La volatilidad de los mercados financieros ha provocado que cada vez sea más necesario el establecer modelos para poder determinar sus efectos en los precios, como el caso del mercado de futuros y de derivados, se tiene como referente en 1987 el efecto desestabilizador de la volatilidad en los mercados financieros; como mencionan "un ejemplo visible son las acciones de la NYSE al establecer los llamados interruptores de circuito, reglas de operación para reducir la volatilidad excesiva de los mercados y promover la confianza de los inversionistas" (Griffin y Ebert, 2005, p. 573).

Los primeros estudios para la determinación de la volatilidad, realizados en la CBOE por Latané y Rendleman (1976) y Beckers (1981), demostraron que las coberturas cambiarias sólo se pueden utilizar en periodos relativamente cortos, cimentados en estudios transversales (Jorion, 1995, p. 507). Por otra parte, Merton (1969) establece que el valor de una opción está en función del precio de la acción, lo que permitió dar un paso en la teoría para la determinación del precio de las opciones; además, sostiene que la aplicación de derivados reduce el riesgo sistemático en un sistema de pagos para su liquidación. Los nuevos modelos consideran la volatilidad como un efecto que impacta los precios de las opciones. Los estudios basados en el análisis de la volatilidad, por medio del modelo de series de tiempo de Scott y Tucker (1989) muestran resultados con cierta capacidad predictiva a partir de las opciones de divisas, pero con ciertas limitaciones metodológicas que no permiten hacer pruebas de hipótesis formales (Jorion, 1995, p. 508) .

La utilización del modelo Black-Scholes como un modelo más racional para prevenir la volatilidad promedio durante la vida de una opción, ya que es el de mayor aceptación por los financieros, debido a la aplicación práctica para la determinación del precio de las opciones en el mercado de derivados. El método Monte Carlo es un simulador que permite dar un mejor pronóstico de la volatilidad, ésta se puede estimar por medio de regresiones. Heston (1993) desarrolló una solución eficiente, en la cual considera que el modelo puede explicar el sesgo de la volatilidad, a través de un método estocástico (p. 328). El modelo *GARCH*, propuesto por Engle (1982) y ampliado por Bollerslev (1986), asume que la varianza de los rendimientos sigue un proceso predecible, la varianza condicional depende de la última innovación, así como también de la varianza condicional previa (De Lara, 2008, p. 54).

El VaR propuesto, por J.P. Morgan en el año de 1994, como medida para la determinación del riesgo y para prevenir la exposición a los riesgos financieros, a partir del acuerdo de Basilea en 1995, se estableció como un requisito por los bancos comerciales. Sin embargo, se afirma "que no sólo puede ser utilizado por instituciones bancarias, sino que se abre el espectro para organizaciones no financieras, en especial que estén utilizando derivados para identificar el VaR, que proporciona una medida compatible de cobertura sobre el riesgo total" (Jorion, 2002, p. 912). Los teóricos en discusión concuerdan en que la aplicación del VaR es la herramienta estándar utilizada por instituciones para medir el riesgo. Empero, el modelo debe usarse con cautela, ya que los estudios efectuados a través de la simulación de Monte Carlo encuentran que los datos históricos por la modelación paramétrica y el modelo de volatilidad obtienen un buen desempeño para la estimación del VaR y el intervalo de confianza (Chang, Hung y Wu, 2003, p. 1043).

Los estudios citados han permitido un avance de las ciencias administrativas y económicas para el análisis de los fenómenos organizacionales. No obstante, se hace necesario analizar, desde una óptica diferente, la realidad administrativa dado que no todo lo que puede ser interés puede ser cuantificado, sólo ciertas partes de los fenómenos, hechos y relaciones son actualmente medibles, dando píe a ampliar el campo de la investigación empresarial de los fenómenos cuantificables. Dado el quehacer de la función administrativa de lograr el esfuerzo humano, se dirige a modificar cualitativa y/o cuantitativamente los bienes o servicios hasta hacerlos más capaces para las necesidades que deben satisfacer; debe considerarse como una conducta humana para materializar los esfuerzos dirigidos hacia un objetivo fundamental.

Las respuestas a la problemática de las organizaciones se hacen necesarias en la indagación de un cómo, que ofrezca solución en torno a los fenómenos de las organizaciones, capaz de explicar la realidad empresarial, como lo mencionan, "lo que constituye la empresa y su objetivo formal estará constituido por el tratamiento de los problemas que la misma presenta en torno a la consecución y mantenimiento del equilibrio en cada una de las esferas cuantificables directa o indirectamente" (Kaufmann y Gil-Aluja, 1986, p. 14); lo anterior es permisible mediante la utilización de las técnicas matemáticas que proporcionen la solución a los problemas de la administración, con la obtención de máximos o mínimos: máxima rentabilidad de la inversión y mínimo riesgo.

Esto lleva a la percepción humana de los fenómenos organizacionales, desde una óptica hacia una precisión, basada en modelos cuantitativos con esquemas clásicos de las matemáticas; asi se da lugar a una percepción distinta, donde se modifique la realidad, adaptada a los modelos matemáticos. La lógica difusa, como herramienta, posibilita el análisis de los fenómenos empresariales, tratando de deformarlos para hacerlos precisos y ciertos. Con un tratamiento de

la incertidumbre, a partir de los concepto borrosos, se abre el campo de la aplicación en las ciencias.

Los estudios realizados por Lee, Tzeng y Wang analizan "la aplicación de la lógica *fuzzy* en combinación con el modelo Black-Scholes, el cual parte del análisis de las variables que componen el modelo, en donde existe un grado de incertidumbre en la toma de decisión, y en el cual no se puede establecer de forma precisa la valoración del precio de las opciones" (Tzeng y Wang, 2005, p. 331). Al considerar el ambiente difuso, el modelo Black-Scholes permite identificar el grado de incertidumbre y vaguedad al evaluar los distintos escenarios económicos que influyen en el precio y que mediante la lógica difusa, pueden ampliar el campo de la investigación científica en las ciencias administrativas y económicas, con la finalidad de establecer modelos más realistas que permitan tomar decisiones más acertadas, considerando el elemento cuantitativo y cualitativo con base en la técnica de multicriterios.

Una de la principales causas ante la volatilidad de los mercados financieros en México, es la constante de las devaluaciones realizadas por los gobiernos, la cual ha tenido efectos de desastre financieros de alto impacto en las organizaciones; como en 1994 la política cambiaria de control del peso y la intervención del gobierno para su regulación con base en las reservas del país, lograron mantener cierta estabilidad del peso en México en un periodo conyuntural politico de elecciones presidenciales. En consecuencia, las políticas gubernamentales erroneas provocan una devaluación del peso en un 40 % frente al dólar, al generar un colapso financiero del mercado accionario en México, como consecuencia de grandes pérdidas por inversionistas nacionales y extranjeros.

1.2.1 Formulación del problema de investigación

En un mundo globalizado, susceptible a la volatilidad de los mercados financieros ocasionada por los diferentes factores económicos, la incertidumbre de estos factores determina que las operaciones realizadas en los mercados representen riesgos financieros con efectos adversos para las organizaciones. Por lo general, dichas organizaciones no son conscientes de la magnitud de estos riesgos, teniendo como resultado pérdidas importantes, y, en ocasiones, ignoran qué hacer para prevenirlos en el futuro. Dado lo cual, la problemática de esta investigación se enuncia en la siguiente interrogante.

¿Cómo el nivel de incertidumbre de los mercados financieros origina que la toma de decisiones con base en los modelos económicos y financieros tradicionales no sean precisas, al no considerar el ambiente difuso, que provoca un mayor grado de exposición al riesgo cambiario, con efectos adversos a las organizaciones acuícolas del sur de Sonora?

Las preguntas auxiliares de la presente investigación son:

¿Es posible disminuir el grado de incertidumbre existente entre el MexDer y el modelo B-S, mediante la aplicación de la lógica difusa en las variables económicas que intervienen en la determinación del precio de una opción cambiaria?

¿Cuáles son los efectos de fuzificar la variable tipo de cambio, en la determinación del precio de cobertura, aplicando el modelo Black-Scholes?

¿Cuáles son los efectos de fuzificar las variables tasa de interés doméstica y foránea en la determinación del precio de cobertura, aplicando el modelo Black-Scholes?

¿Cuál es el efecto de la determinación del VPN para el análisis del financiamiento y el uso de coberturas cambiarias?

1.3 Delimitación del problema

La investigación analizará los datos del comportamiento del precio de las opciones, dicha información es relevante, y se obtendrá de los registros diarios del mercado de derivados en México, se abarcará el periodo 2006-2010. Además, se recabará información de los principales indicadores económicos en la base de datos de Banxico, SHCP, Banco Mundial, FAO, FIRA, Bloomberg, etcétera. Asimismo, permitirá la aplicación de los modelos econométricos para pronosticar el tipo de cambio, la aplicación del modelo Black-Scholes y la fuzificación de las variables independientes.

La investigación se realizará en el sur de Sonora, en las empresas sociales que comprende la zona costera del municipio de Cajeme, en todas las organizaciones integradas en uniones y asociaciones de productores de camarón, las cuales están distribuidas por juntas locales de sanidad e integran en total 155 organizaciones del sector privado y social. La recolección de los datos se efectúa en la empresa Servicios Profesionales Asesoría Acuícola. S. C., en Ciudad Obregón, Sonora, que comprende la junta local de la Atanasia.

1.4 Objetivos

Objetivo general:

Evaluar el nivel de incertidumbre de los mercados financieros mediante la aplicación de la lógica difusa en las variables del modelo Black-Scholes tradicional; que permita la óptima toma de decisiones en las organizaciones acuícolas del sur de Sonora, con la finalidad de minimizar el riesgo cambiario y maximizar su rentabilidad

Objetivos específicos:

1.- Comprobar el grado de incertidumbre existente en el precio de una opción cambiaria, entre el MexDer y el modelo B-S, para determinar el sesgo estadístico.

2.- Calcular los efectos de fuzificar la variable tipo de cambio, en la determinación del precio de cobertura, aplicando el modelo Black-Scholes, con la finalidad de lograr una mayor precisión.

3.- Calcular los efectos de fuzificar las variables tasa de interés doméstica y foránea en la determinación del precio de cobertura, aplicando el modelo Black-Scholes, con la finalidad de lograr una mayor precisión.

4.- Analizar el efecto de la determinación del VPN y la TIR para el análisis del financiamiento y el uso de coberturas cambiarias.

1.5 Justificación

La investigación presenta, mediante la aplicación de las teorías de la administración, finanzas y economía, una propuesta para la determinación del precio de una opción cambiaria con la aplicación de la lógica difusa; cuyo objetivo es diseñar estrategias financieras que permitan que las organizaciones acuícolas del sur de Sonora puedan establecer un sistema de control y evaluación del riesgo financiero, por medio de instrumentos de cobertura, cuya finalidad es minimizar el riesgo e incrementar los índices de rentabilidad.

Con el progreso de la industria financiera, a partir de la globalización económica, se ha dado un cambio estructural en el Sistema Financiero Internacional; lo cual ha generado que cada vez existan modelos más sofisticados para la administración del riesgo. Las aportaciones de autores como Markowitz (1959), Modigliani y Miller (1963), Sharpe (1964), Lintner (1965), Samuelson (1967), Merton (1969), Black y Scholes (1973), J.P Morgan (1994), Hull y White (1998), Chang (2001), Jorion (2007), entre otros; han revolucionado el mundo económico y financiero. Cuyas bases se remontan al movimiento browniano impulsado por Robert Brown (1827); sin embargo, es a finales del siglo XIX, cuando adquiere relevancia con las contribuciones del francés Louis Bachelier (1900), quien edificó las bases para explicar, mediante el movimiento browniano, la dinámica de los precios de los activos financieros. No obstante, éste no tuvo relevancia en décadas. Fue hasta finales de los años cincuenta, cuando Samuelson redescubre la tesis de Bachelier, y desarrolla un modelo para la valoración de *warrants*; otros estudios realizados fueron los de Osborne (1959) y Boness (1964) basados también en el movimiento browniano, que en conjunto sirvieron de fundamento para el desarrollo del modelo Black-Scholes (1973).

Con el desarrollo del modelo Black-Scholes, a partir de la década de los setenta, se puede establecer un parteaguas en el sistema económico mundial; ante el cambio de la política de los regímenes cambiarios y la liberalización del comercio mundial. Lo anterior provocó un incremento en la volatilidad de los mercados financieros y, de manera directa, un acrecentamiento en el riesgo financiero (Jorion, 2009, p. 32); dando origen a un crecimiento exponencial en el mercado de derivados, que impactó de forma directa a las organizaciones.

En la actualidad, el mercado de derivados mundial representa 730 trillones de dólares al año (Galant y Dolan, 2007, p. 4), lo cual refleja su importancia por el impacto en las economías en el mundo. En México, a partir de 1994, se registró una de las crisis financieras más severas, la devaluación del dólar, un incremento en las tasas de interés e inflación, provocando el cierre y la quiebra de una gran cantidad de empresas. La apertura del Mercado Mexicano de Derivados (MexDer), en el año 1997, permitió una mayor certidumbre para la inversión extranjera ante la volatilidad del mercado financiero, y, de forma análoga, posibilitó establecer estrategias de cobertura para proteger las inversiones ante la incertidumbre de los mercados.

Hoy en día, en México existen modelos para la determinación del costo de prima de riesgo, para una cobertura en el mercado de derivados: trigo, petróleo, carne, naranja, soya, etcétera; modelos generalmente aceptados por las corredurías financieras; además el Gobierno Federal tiene programas de cobertura agrícola, promovidos por ASERCA, la función es cubrir las variaciones de los precios internacionales de distintos productos agrícolas que cotizan en la bolsa de futuros, *Chicago Mercantile Exchange,* en el mundo. Sin embargo, actualmente, no se cuenta con una prima que permita a los productores acuícolas protegerse ante el riesgo cambiario.

Empero, la falta de cultura en las organizaciones en el ámbito de la administración del riesgo financiero, en donde la complejidad de los problemas y la imprecisión de las escenarios hacen necesario introducir esquemas matemáticos más flexibles y adecuados a la realidad; la aplicación de la lógica difusa permitirá la solución de aquellos problemas en los que la incertidumbre aparece de manera fundamental (Kaufmann y Gil-Aluja, 1986, p. 8). De tal manera se incorpora así una nueva metodología al modelo Black-Scholes, que a su vez ofrece un instrumento importante para el administrador en el orden de acotamiento de los riesgos inherentes a sus decisiones.

De ahí la conveniencia de esta investigación, que permitirá que estas organizaciones conozcan la importancia de establecer estrategias financieras para lograr ser más eficientes y competitivas; al proporcionar una herramienta adecuada para que, los administradores quienes tienen la responsabilidad de diseñar estrategias, prevenir y controlar el riesgo, puedan instaurar un sistema para el control del riesgo financiero a través de la aplicación de coberturas cambiarias.

1.6 Hipótesis

Es posible minimizar el error de pronóstico del precio de las opciones cambiarias, que partiendo del concepto de B-S, incorpore la lógica difusa con base en las variables: tipo de cambio, la tasa de interés doméstica y foránea, para maximizar la toma de decisiones que permitan mayores índices de rentabilidad.

H1. La aplicación del modelo Black-Scholes con la inclusión de la lógica difusa para la determinación del precio de una opción, permiten capturar mejor la realidad en el mercado de derivados ante un ambiente difuso (Lee, Tzeng y Wang, 2005, p. 330).

H2. El incremento de la volatilidad de la tasa de interés ocasiona que las organizaciones, para reducir el riesgo, lleven a cabo la implementación de instrumentos de derivados (De Lara, 2008, p. 104).

H3. La determinación del precio del valor subyacente, para una cobertura, está determinada por la volatilidad de la tasa de interés y el tipo de cambio (Merton, 1998, p. 324).

H4. La utilización de instrumentos derivados permite controlar y minimizar el riesgo financiero provocado por la volatilidad de los mercados financieros (Jorion, 2002, p. 527).

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1 El riesgo

El hombre, durante su desarrollo histórico social, para lograr su avance económico, ha tenido que enfrentarse al riesgo. La lucha por adaptarse, tanto al medio ambiente externo, como a la fuerza de la naturaleza, lo ha mantenido ligado al riesgo desde la antigüedad. En la Grecia antigua, el hombre, en su búsqueda para encontrar respuesta a los acontecimientos futuros, recurría a la consulta de dioses, a través de sacerdotes que interpretaban los mensajes del Oráculo de Delfos. La tendencia del ser humano al gusto por el azar está registrada en textos bíblicos, ya que en el Nuevo Testamento se hace mención a los romanos cuando se jugaron la túnica de Cristo con los dados. Esto manifiesta que el hombre ha estado, desde siempre, en constante exposición ante el riesgo.

Los primeros estudios matemáticos realizados sobre el riesgo surgen a partir del siglo XVI, periodo del renacimiento que destaca por un creciente cambio social, político, económico y cultural, que influyó en la corriente del pensamiento de aquella época. De Lara (2008, p. 14-15) menciona los principales pensadores cuyas aportaciones fueron fundamentales para el estudio de las matemáticas y la probabilidad.

Girolamo Cardano y Galileo Galilei. Girolamo Cardano (1501-1576) desarrolló la teoría de las matemáticas y la probabilidad en su tratado de *Ars Magna*, en donde definió el riesgo como medida de frecuencia relativa de eventos aleatorios. Galileo Galilei (1564-1642) en su

escrito *Sopra le Scoperte dei Dadi* (Jugando a los dados) desarrolló métodos cuantitativos para analizar la frecuencia de diferentes combinaciones y posibles resultados al lanzar dados. Los matemáticos europeos y americanos, en el siglo XVII, Blas Pascal (1623-1662) y Pierre de Fermat (1601-1665) consideraron la aplicación de conceptos geométricos y algebraicos, respectivamente, a la teoría de la probabilidad, lo cual propició la medición de riesgos, seguros e inversiones, e influyó en otras ciencias como la física y la medicina, entre otras.

Abraham Moivre (1667-1754) propuso la estructura de la distribución de probabilidad normal (conocida como distribución de campana) y el concepto de desviación estándar. Pierre Simon de Laplace (1749-1827) diseñó la fórmula de regla de Laplace, que permite calcular la probabilidad de sucesos, los cuales tienen la misma probabilidad de ocurrencia. Daniel Bernoulli (1700-1782) estableció un sistema para la toma de decisiones, basado en la probabilidad, lo que hoy se conoce como la teoría de juegos. Francis Galton (1822-1911) descubrió el concepto de "regresión a la media" y transformó el concepto de probabilidad estático en uno dinámico. Franco Modigliani (1918-2003) y Merton H. Miller (1923-2000) desarrollaron la teoría para explicar la relación entre la estructura de la empresa y su valor en el mercado. James Tobin (1918-2002) planteó la teoría de selección de cartera, en la cual analizó cómo los cambios en los mercados financieros influyen en el gasto y en el ahorro de los consumidores y de los inversores.

Harry Markowitz (1927-) formuló la teoría de portafolio, propuso el concepto de covarianza y correlación, con el cual obtuvo el premio Nobel de economía en 1990. William F. Sharpe (1934-) desarrolló el modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*). Myron Scholes (1941-) y Fischer Black (1938-1995) crearon la fórmula Black-Scholes para valuar el precio

de las opciones financieras. J.P. Morgan (1994) en su documento *Riskmetrics*, propuso el concepto "VaR" (valor en riesgo) como modelo para medir cuantitativamente el riesgo.

El riesgo se puede considerar como la posibilidad de un evento no deseado, por lo que es necesario distinguir entre riesgo e incertidumbre. La incertidumbre se asocia al riesgo, aunque ésta se presenta a largo plazo, también se muestra en el corto plazo. La incertidumbre existe siempre que no se sabe con seguridad lo que ocurrirá en un futuro. El riesgo es la incertidumbre que "importa" porque incide en el bienestar de la gente. Así pues, la incertidumbre es una condición necesaria, pero no suficiente del riesgo. Toda situación riesgosa es incierta, pero puede haber incertidumbre sin riesgo (Bodie y Merton, 1999, p. 216).

Deloitte lo define como "la pérdida potencial o una menor oportunidad de ganar, originada por factores que pueden afectar el logro de los objetivos de una organización de forma adversa" (Deloitte, 2007, p. 2). Otro autor habla del riesgo como "la volatilidad de los flujos financieros no esperados, generalmente derivada del valor de los activos o pasivos" (Jorion, 2009, p. 23). Uno más considera el riesgo como "la probabilidad de pérdida" (Mejía, 2008, p. 30). Por lo tanto, la probabilidad se expresa como un procentaje o una fracción, en el caso en que la probabilidad sea 100 % no hay riesgo porque la pérdida es cierta, al igual que el caso contrario, si la probabilidad de pérdida es de 0 %, tampoco hay riesgo. Se puede concluir que en el concepto riesgo siempre debe existir la implicación de que el resultado no sea seguro.

En la actualidad, el riesgo es un factor inherente en todas las organizaciones, cada vez más la dirección se preocupa por controlarlo al establecer estrategias para que en lugar de ser una debilidad sea una fortaleza, con la administración del mismo, como un proceso en el cual se

pueda medir y controlar y se logre el beneficio de la organización. Existen modelos sofisticados para la medición del riesgo, el uso de la estadística paramétrica y no paramétrica por medio de programas como: Risicar, *Riskmetrics*, Arima, VaR, entre otros. Éstos, junto con los avances tecnológicos, han permitido a las organizaciones tener mayor efectividad en cuanto a la identificación, evaluación y control de los riesgos.

2.1.1 Tipos de riesgos

Para explicar los distintos tipos de riesgo es importante señalar que éstos son generados tanto por el entorno externo que influye en la entidad, como por los sucesos que se desarrollan en el curso normal de sus actividades. Se encontró que "el 80 % de las compañías que han sufrido grandes pérdidas en materia de valor fueron expuestas a más de un tipo de riesgo; sin embargo, a menudo no estaban conscientes de la relación entre tales riesgos" (Deloitte, 2005, p. 5).

De acuerdo al entorno los riesgos se pueden clasifican en:

- Riesgo asociado a la naturaleza: se relacionan con riesgos meteorológicos y climáticos como huracanes, lluvias, maremotos, sequías, que afectan el logro de los objetivos.

- Riesgo país: hace referencia al grado de peligro que representa un país para las inversiones locales o extranjeras.[1]

[1] La crítica se realiza a la valoración del riesgo país por las corredurías privadas, como Moody´s, y Standard & Poor´s, con base en sus calificaciones y motivos para ponerlas, éstas determinan si un país se considera apto para la inversión extranjera o la tasa de pago de interés de los bonos emitidos por los gobiernos. Es necesario revisar la metodología de valoración, la confiabilidad con lo vivido actualmente en la bolsa de New York, con el desfalco financiero más grande registrado en la historia y el gran boquete por déficit financiero provocado por los bonos basura de hipotecarias.

De acuerdo al riesgo generado en la empresa:

- Riesgo de reputación: se refiere al desprestigio de la institución que acarrea pérdida de credibilidad y confianza del público por fraude, insolvencia, conducta irregular de los empleados, rumores, etcétera.

- Riesgo puro: al materializarse, origina pérdida, como un incendio, un accidente, una inundación. Comúnmente los negociantes reducen la incertidumbre y las pérdidas financieras asociadas con el riesgo puro por la compra de contratos a las compañías de seguros que se especializan en la evaluación y comportamiento de este tipo de riesgo.

- Riesgo especulativo: representa la posibilidad de generar beneficio o pérdida, como una aventura comercial, la inversión en divisas ante expectativas de devaluación o revaluación, entre otros.

- Riesgo de tecnología: por la alta dependencia a los sistemas informáticos, se utiliza la tecnología para controlar y registrar las operaciones, hay riesgo cuando dichas actividades no se realicen en forma y tiempo por el operador o intermediario financiero.

- Riesgo legal: cuando en la celebración de un contrato, alguna de las partes no está facultada para realizar la operación relacionada con el carácter jurídico que requiere el convenio.

- Riesgo estratégico: tiene que ver con las pérdidas ocasionadas por las definiciones estratégicas inadecuadas, errores en el diseño de planes, programas, estructuras, integración en el modelo de operación con el direccionamiento estratégico, asignación de recursos, estilo de dirección, además de ineficiencia en la adaptación a los cambios constantes del entorno empresarial, entre otros.

- Riesgo de negocios: los riesgos en los negocios u operacionales no tienen relación con el riesgo de crédito o de mercado. El comité de Basilea dice que "Es el riesgo que tiene deficiencias en los sistemas de información o en los controles internos que supongan una pérdida inesperada. El riesgo está relacionado con un error humano, fallas en los sistemas o procedimientos y controles inadecuados".

- Riesgo de precio: se refiere a la incertidumbre sobre la magnitud de los flujos de caja, debido a posibles cambios en los precios de entradas y salidas. Puede producir ganancias simultáneamente para muchas firmas y pérdidas para muchas otras; son comúnmente reducidos con los derivados financieros, tales como *forwards* y contratos de futuros, contratos de opciones y *swaps*. Con estos contratos mucho del riesgo de pérdida es con frecuencia transferido a terceros que tienen una exposición opuesta al riesgo en particular. Hay tres tipos específicos de riesgo de precios que son: riesgo de precio de los combustibles, riesgo de tasa de cambio y riesgo de tasa de interés.

- Riesgos financieros: son aquellos riesgos que tienen una probabilidad de pérdida en las operaciones de los mercados financieros, por la volatilidad de las tasas de interés o el tipo de cambio, en donde se pueden padecer grandes pérdidas producto de las operaciones en los mercados.

- Riesgo de crédito: se define como la pérdida potencial en que puede incurrir un acreedor, debido al incumplimiento de un deudor, en una obligación o transacción financiera. Al mismo tiempo, se consideran como las pérdidas esperadas de un incumplimiento por parte del prestatario, o los efectos que produciría el deterioro de la calidad de crédito del acreditado. El riesgo de crédito abarca tanto el riesgo de incumplimiento, que es la valuación objetiva de que la contraparte incumpla, como el riesgo de mercado para medir la pérdida financiera que se experimenta si el cliente incumple (Jorion, 2009, p. 34). Por lo que se pueden distinguir dos derivaciones del riesgo de crédito de las operaciones o transacciones realizadas: el riesgo individual y el riesgo de portafolio.

- Riesgo de transacción: es aquel que incurrirá en una pérdida debido al movimiento de tasas de interés; son riesgos que están directamente relacionados con los mercados financieros y los movimientos de flujos del capital internacional, como se puede observar en la figura número 1, en donde el incremento de la inflación está correlacionado directamente con las tasas de interés de los mercados financieros.

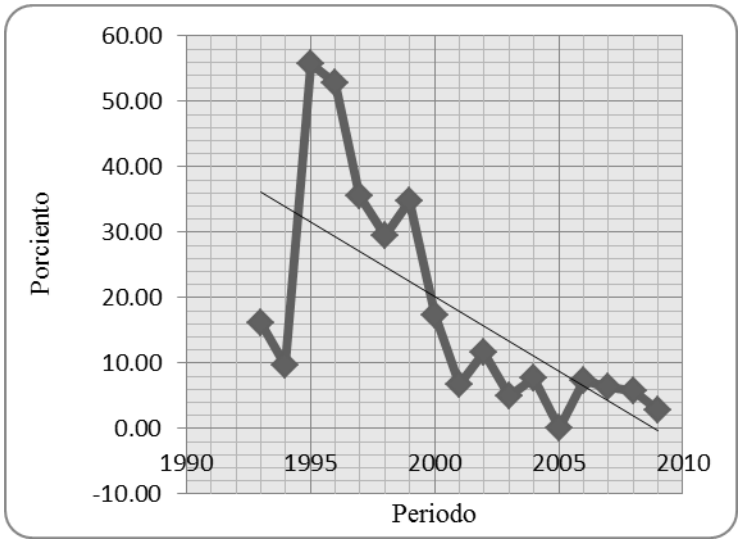


Figura 1. Comportamiento de la inflación en el periodo de 1990 a 2010.
Fuente: elaboración propia con datos del Centro de Estudios de Finanzas Públicas (CEFP).

- Riesgo cambiario: es en el que se incurre por las operaciones en el mercado cambiario, en donde las grandes corporaciones que venden en el exterior (Cemex, ICA, Maseca, etcétera), por las fluctuaciones de los mercados internacionales, pueden incurrir en pérdidas cambiarias, al invertir en moneda extranjera, realizar operaciones con opciones o futuros de divisas y por los cambios en las cotizaciones de divisas. Se puede mencionar un ejemplo reciente en México, el grupo Comercial Mexicana realizó una especulación cambiaria en corto, por más de mil millones de pesos, en el año 2009, y esto le ocasionó una pérdida en sus resultados del ejercicio. En la figura 2, se puede apreciar gráficamente el comportamiento del peso con respecto al dólar.

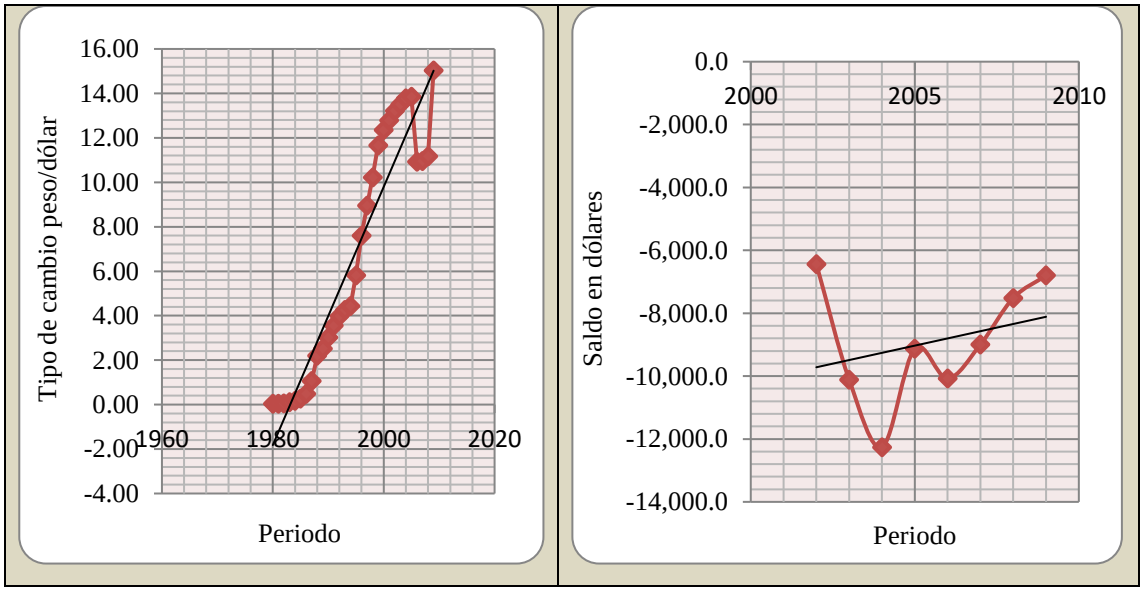


Figura 2. Comportamiento del peso/dólar y de la balanza comercial en México.
Fuente: elaboración propia con datos del CEFP.

2.1.2 Administración del riesgo

La administración de riesgos surge por el crecimiento exponencial de instrumentos derivados en los mercados financieros; resultado de la volatilidad de los mercados financieros, lo que ha provocado que cada vez sea necesario el establecer modelos para poder determinar sus efectos en los precios, como en caso del mercado de futuros y de derivados, se tiene como referente en 1987 el efecto desestabilizador de la volatilidad en los mercados financieros. El Mercado de Derivados en México, surge a partir de la apertura comercial y de la globalización de los mercados. Un derivado es un instrumento financiero que asegura el precio a futuro de la compra o venta sobre un activo, para prevenir o adelantarse a las posibles variaciones a la alza o a la baja del precio que se genere sobre éste. Su principal característica es que los derivados están vinculados con el valor de un activo, por ejemplo, el precio del oro, del petróleo (en el caso de *commodities*), o de acciones, índices bursátiles, tasas de interés, valores de renta fija, etcétera (en el caso de instrumentos financieros).

La administracion de los riesgos financieros (también conocidos como riesgos especulativos) se conoce como el proceso de toma de decisiones y el aseguramiento de que estas decisiones son puestas a funcionar, en relación con el manejo y control del impacto que en la organización tiene la variación en los resultados esperados de todos aquellos eventos que presenten un posible resultado de pérdida-ganancia, a los cuales la organización está expuesta, por lo que se pudiera comprometer el cumplimiento de sus objetivos estratégicos o se pudieran ofrecer oportunidades para ser explotadas como ventajas competitivas por la organización. Es el proceso manejado generalmete por la dirección de finanzas, tesorerías, trading, y mercado que suele estar relacionado con las estrategias de posicionamiento o

hedging vía instrumentos financieros “derivados” y otros (*forward*, *swaps*, futuros, opciones, etcétera) (Mirabal, 2004, p. 14).

Al no poder eliminar el riesgo financiero, se debe administrar, por lo que la administración de riesgos se puede definir como:

> “Un conjunto de acciones llevadas a cabo en forma estructurada e integral, que permite a las organizaciones identificar y evaluar los riesgos que puedan afectar el cumplimiento de sus objetivos, con el fin de emprender en forma efectiva las medidas necesarias para responder ante ellos” (Mejía, 2008, p. 41).

> “Un proceso continuo para identificar, medir y controlar los riesgos, que tiene como propósito mantener una exposición tolerable en los negocios financieros y lograr una adecuada asignación de los recursos, acorde a los rendimientos esperados y los riesgos asumidos” (Morales, 2002, p. 347).

> “La administración de riesgos es una herramienta en la que el administrador financiero se apoya para la toma de decisiones, con lo cual el riesgo puede convertirse en una oportunidad para la organización” (Anderson, 2006, p. 76).

> “Administración de riesgos es poder conservar los ingresos y activos de una empresa al reducir la amenaza de pérdidas debido a eventos incontrolables” (Griffin y Ebert, 2005, p. 599).

En las últimas décadas, su desarrollo ha cobrado más fuerza por las necesidades de las organizaciones de tener control sobre la incertidumbre de un mercado que está en constante cambio. Los avances tecnológicos han facilitado el trabajo de los administradores financieros, ya que, al permitirles analizar un sinnúmero de información en poco tiempo y a un bajo costo, les da la posibilidad de tomar decisiones con base en información fidedigna, lo que disminuye la exposición a la incertidumbre y al riesgo. Con lo que es importante considerar como elemento nodal de la administración la estrategia competitiva, la cual se refiere a la posición que se ocupa dentro del sector donde compiten las organizaciones. Una compañía que consigue posicionarse bien podrá obtener altas tasas de rendimiento aun cuando la estructura de la industria sea desfavorable y, por lo mismo, la rentabilidad sea modesta (Porter, 1987, p. 11).

En una situación de riesgo, existen distintos elementos que se deben analizar para poder llegar a controlarlos (objetivos, probabilidad, incertidumbre, efectos), las consecuencias pueden ser negativas, pero la parte de acción administrativa es prever los riesgos, lo que implica una oportunidad con mayores beneficios para las organizaciones. La máxima que se establece es que a mayor riesgo, mayor rentabilidad, esto es un elemento común en las operaciones de cartera de inversión por los administradores del riesgo (ver anexo 1).

2.1.2.1 Beneficios

El debate teórico mantenido por los distintos pensadores sobre los beneficios de la administración del riesgo, establece distintos enfoques. La pregunta ¿En qué beneficia a las organizaciones la administración del riesgo?, es vital para justificar el uso de un sistema de administración de riesgos, ya que su respuesta determina los beneficios que éste brinda a la organización. Cuando se logra reconocer la diferencia entre riesgo e incertidumbre, se puede considerar la posibilidad de la medición o no medición del riesgo, Knight citado en Alonso considera que "el riesgo no genera beneficios extraordinarios, mientras que la certidumbre sí lo permite" (Knight, 2004, p. 28).

Para Porter (1982, p. 23), es necesario el riesgo como un elemento para considerar una ventaja competitiva para la organización, que interactúa con el medio ambiente y los distintos factores económicos, políticos, sociales, y de competencia que pueden influir en ella. La acción conjunta de estas fuerzas determina la rentabilidad potencial, en el sector industrial; el potencial de utilidades se mide en términos de rendimiento a largo plazo. El concepto de utilidad, en términos generales, es una función que representa y da valor a un conjunto de bienes sobre los cuales un individuo tiene alguna preferencia. Daniel Bernoulli (1738) fue quien lo estableció como una herramienta de elección ante un problema de incertidumbre.

Dentro de los beneficios que se pueden mencionar al llevar una administración de riesgos, se encuentran los siguientes:

- Identificación integral de los riesgos en toda la organización.
- Establecimiento de líneas de autoridad y responsabilidad en cada departamento.
- Mejora en el control de los riesgos.

- Instauración oportuna de estrategias para minimizar el riesgo.
- Adquisición de un mejor control del sistema de costos provocados por pérdidas.
- Disminución de costos para la asignación de los recursos de forma eficiente.
- Se cuenta con un mejor sistema de calidad en los procesos de la organización.

2.1.2.2 El papel de la alta dirección

El objetivo de la administración de riesgos se puede enfocar en asegurarse de que una institución no sufra pérdidas económicas inaceptables (no tolerables) y, en mejorar el desempeño financiero de dicho agente económico, tomando en cuenta el rendimiento ajustado por riesgo.

Si la dirección establece un sistema de control de riesgos, permite que se puedan designar políticas para el personal responsable de la administración del riesgo. Por ello, es fundamental la formación de equipos de trabajo que estén capacitados para tomar decisiones, constituyendo líneas de autoridad y responsabilidad claramente definidas.

Las implicaciones legales, en donde se asumen riesgos, pueden afectar el patrimonio de la empresa, por lo que las decisiones de la dirección en ocasiones pueden llevar a la quiebra, como ha sucedido con distintos casos de pérdidas en las operaciones de los mercados financieros; en la tabla 1 se citan ejemplos de algunas de estas empresas.

Tabla 1. Empresas con pérdidas por operaciones en los mercados financieros

EMPRESA	PAÍS	INSTRUMENTO	PÉRDIDA MILLONES
Kashima Oil	Japón	*Forwards*/divisas	1,450 (dlls)
Byron	Reino Unido	Futuros/índices accionarios	1,330 (dlls)
Codelco	Chile	Futuros/cobre	200 (dlls)
Procter & Gamble	Estados Unidos	*Swaps* sobre diferenciales	157 (dlls)
Comercial Mexicana	México	Operaciones con derivados	1,281 (mn)

Fuente: (Jorion, 2009, p. 45).

2.1.2.3 Proceso de administración de riesgos

El proceso de la administración de riesgos implica, en primer lugar, la identificación de éstos, en segundo, su cuantificación y control mediante el establecimiento de límites de tolerancia al riesgo y, finalmente, la modificación o melificación de dichos riesgos a través de disminuir la exposición de riesgo o de instrumentar una cobertura (De Lara, 2008, p. 17). Bodie y Merton consideran que "el proceso de la administración del riesgo es un intento sistemático de analizar y encarar el riesgo"; asimismo, aseguran que la identificación del riesgo "consiste en determinar cuáles son las exposiciones más importantes al riesgo en la unidad de análisis, trátese de una familia, una empresa u otra entidad" (Bodie y Merton,1999, p. 221). Ésta permite reconocer si existen eventos que puedan afectar y modificar las características de la organización y determina qué puede suceder, quién o qué lo puede generar, por qué puede presentarse y cómo afecta a la organización.

La cuantificación o calificación del riesgo es otro de los pasos del proceso de administración. Otros autores consideran "un conjunto de acciones por las cuales se estima la magnitud de los

riesgos identificados y se evalúan para determinar qué tan graves son para la organización y si son aceptables o no" (Mejía, 2004, p. 79). Calificados y evaluados, el siguiente paso es tomar las medidas más adecuadas para tratarlos, ya sea evitarlos mediante la no exposición, prevenirlos, aceptarlos, retenerlos o transferirlos, dependiendo de su impacto y frecuencia en la organización. No basta con identificarlos. La eficacia dependerá del seguimiento que la dirección dé a la aplicación de políticas y controles, con la finalidad de monitorear los riesgos a los que una organización está expuesta.

2.2 Tipo de cambio y regímenes cambiarios

Existen diferencias entre la mayoría de los autores, con relación a la clasificación de los regímenes cambiarios. Expertos como Ghosh, Gulde y Wolf (2002), Levy-Yeyati y Sturzenegger (2003), Reinhart y Rogoff (2004) ponen en tela de juicio la aplicación de un tipo de cambio de flotación, lo que está relacionado con la variación del tipo de cambio, por el cual los gobiernos definen el valor de su propia moneda, como un ejemplo se encuentran los países de China (2005) y Chile (1990), que según el estudio realizado por Frankel y Wei (2008) se consideran como economías que aplican un sistema de régimen cambiario de libre flotación ajustado al saldo de sus exportaciones y a su base monetaria. Sin embargo, el estudio confirma que los países que se apegan a un sistema de régimen de tipo de cambio de flotación y que son oficialmente reconocidos por el FMI son los siguientes: Letonia, Papúa, Nueva Guinea, Botswana, Vanuatu, Fiji, Samoa Occidental, Malta, las Islas Seychelles, Australia, Canadá, Hong Kong, China, Malasia y Noriega.

El caso de Chile a partir de 1999, que adoptó un régimen cambiario de flotación, las exportaciones, en particular del cobre, representaron la mitad del ingreso total del país, el cual tiene un impacto en el incremento de las reservas, mas no ha sido reconocido por el gobierno del banco central de Chile. Por lo tanto, se puede deducir, apoyándose en el estudio de los autores citados, que en su política cambiaria existe intervención de las autoridades de la banca central y del gobierno, quienes de manera discrecional realizan ajustes al tipo de cambio, sin informar al FMI sobre dichas políticas.

A partir de la introducción del euro, en el año 1999, Europa ha tenido un impacto en el tipo de cambio. Por citar un ejemplo, en el país de Malta, que ingresó a la comunidad económica europea en 2005, la variación del tipo de cambio flexible posee cierta estabilidad en comparación con el dólar, tiene sus efectos positivos en el tipo de cambio de Malta y, en general, en los países de la comunidad económica europea. Kuwait durante mucho tiempo mantuvo su paridad de tipo de cambio con el dólar, a partir de 2007 cambió su política cambiaria, para integrar en su canasta el euro como parte de sus reservas internacionales.

Canadá y Australia son economías similares orientadas a la exportación de productos básicos, con una política de flotación del tipo de cambio, por el impacto de las exportaciones en las reservas internacionales que están relacionadas con un porcentaje de la base monetaria para la estimación del tipo de cambio (Frankel y Wei, 2008, p. 388).

En México, las políticas cambiarias adoptadas por el Banco de México, como se muestra en la figura 3, han sido distintas: fija, de flotación, de banda y controlada. Sin embargo, a partir 1994-1995 la crisis financiera originó un cambio de la política cambiaria de libre flotación, esta política se apoyó en los ingresos por la exportación del petróleo, actividad que

incrementó las reservas internacionales de dólares para el país. Algunos estudios realizados por el Banco de México demuestran que existe una alta correlación entre el producto de los ingresos por la exportación del petróleo y la base monetaria, medida como un porcentaje para la determinación del tipo de cambio.

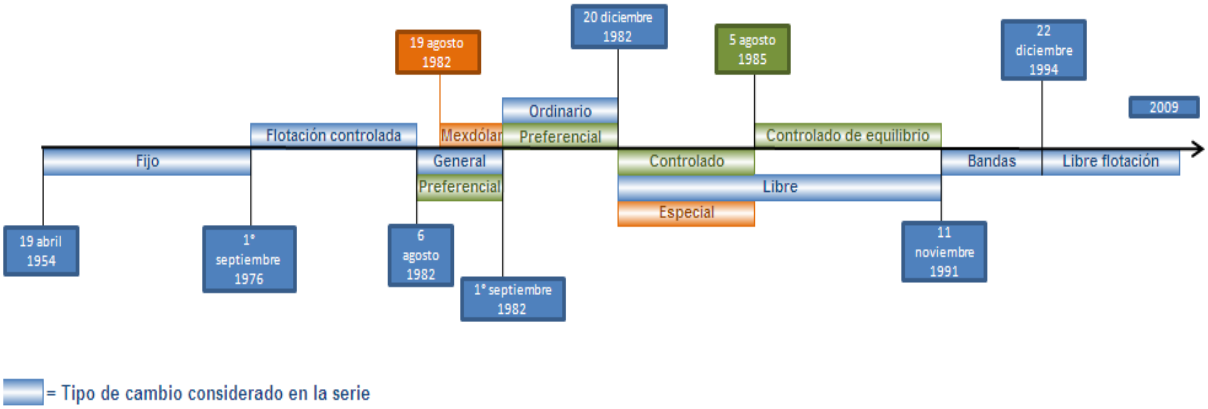


Figura 3: Regímenes cambiarios en México.
Fuente: Banco de México, 2009.

Finalmente, se concluye que los países emergentes no llevan a cabo una política de flotación de tipo de cambio, dado que el gobierno de manera discrecional realiza los cambios y los integra a una canasta básica (inflación). En la actualidad un ejemplo es la economía China (yuanes), la política de Beijing anuncia un cambio en el régimen cambiario (2005), el cual duplica el tipo de cambio hacia una canasta de 11 monedas en paridad al dólar.

Actualmente, la moneda de China representa una de las más importantes en el mundo, ya que ha venido desplazando a otras importantes monedas, debido a su alta tasa de crecimiento y a su expansión nacional e internacional, lo que está impactando los precios de las principales monedas del mundo.

2.2.1 Regímenes cambiarios

La principal función de los mercados de divisas es transferir fondos, o poder de compra de una nación a otra. Los efectos de la política económica por la banca central en México tienen implicaciones en el comportamiento de los precios en general, como el costo del dinero por la tasa de interés a través del mercado de crédito, el mercado de dinero o el mercado de capitales, provocan un impacto en la estructura del capital de las organizaciones. La política cambiaria, encabezada por el gobernador del banco de México, ha tenido un efecto negativo y positivo, durante décadas, dentro del desarrollo y crecimiento económico del país. Los bancos comerciales de un país realizan la función de cámara de compensación de divisas demandadas y ofrecidas por los clientes del banco o público en general. Las instituciones financieras en México pueden encontrarse con la sobre oferta de dólares a la venta, en tal caso, transfieren su exceso de dólares (por los corredores de divisas) a otros bancos que resulten estar cortos de dólares para satisfacer a sus clientes. Así, un país paga por sus gastos de turismo en el exterior, sus importaciones y sus inversiones extranjeras, etcétera, con sus mismos ingresos de divisas provenientes del turismo, la exportación y la entrada de capital extranjero.

Se pueden identificar cuatro niveles de operadores y participantes en los mercados de divisas, en el primer nivel están los usuarios tradicionales: los turistas, los importadores y exportadores, los inversionistas, etcétera, éstos son los usuarios inmediatos y proveedores de monedas extranjeras. En el siguiente o segundo nivel, están los bancos comerciales, que actúan como cámaras de compensación entre usuarios y beneficiaros de divisas. En el tercer nivel están los corredores de divisas, por medio de los cuales los bancos comerciales de la nación nivelan los flujos de entrada y la salida de capital entre sí (el llamado mercado interbancario o de mayoreo). En el cuarto nivel, el más alto, está el banco central de la nación,

que actúa como vendedor o comprador de última instancia cuando los ingresos y gastos en divisas de la nación son desiguales, entonces, el banco central agregará o retirará de sus reservas de divisas según sea el caso.

La banca central es reguladora de las operaciones de divisas del país, cuando la demanda total de divisas supera las necesidades del mercado nacional, es necesario que la banca acuda a comprar al banco central de la nación, por lo que éste tendrá que actuar como prestamista en última instancia y girar contra sus reservas de divisas (un déficit en la balanza de pagos); la siguiente figura muestra el comportamiento de las divisas en las últimas décadas.

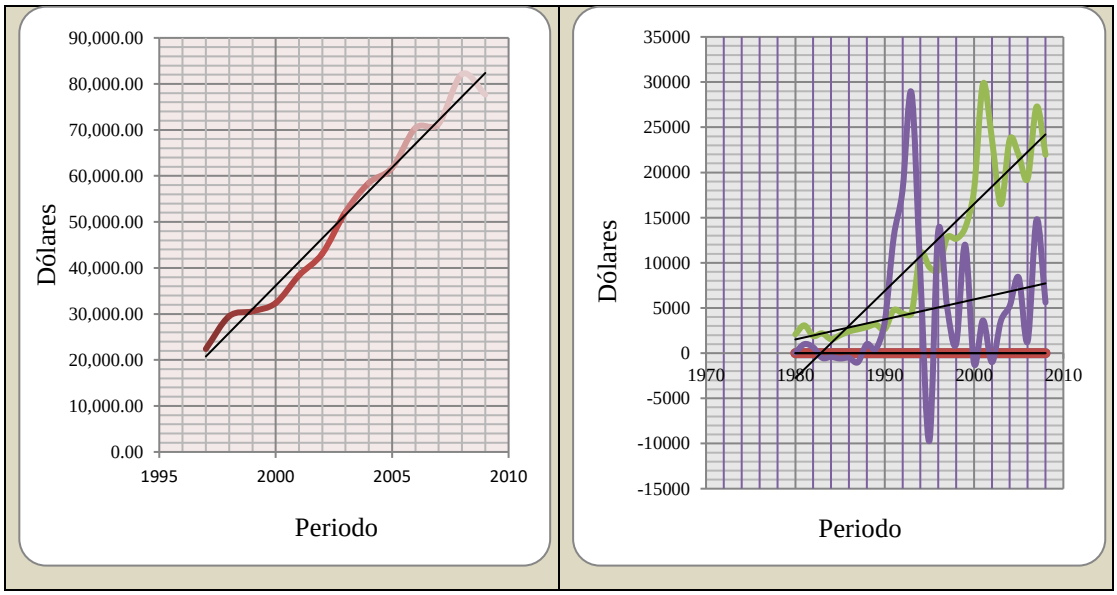


Figura 4. Evolución de las reservas en divisas.
Fuente: elaboracion propia con datos del Centro de Estudios de Finanzas Públicas.

Las autoridades de la banca central de un país son las encargadas de la elección del tipo de régimen cambiario, el cual parte de las características propias de la estructura de cada país, por lo que se establecen distintas teorías (García, 2005, p. 210), las cuales se muestan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Teorías de régimen cambiario

AUTOR	TEORÍA
Mundell (1961)	Tipo de cambio fijo, cuando es una economía pequeña, abierta al comercio, con alta movilidad laboral; política fiscal con capacidad contra clásica y una alta correlación con el ciclo del negocio. Para desestabilizar el crecimiento se debe elegir un tipo de cambio fijo, si los shocks a los que se ve sometida son monetarios e internos, y un tipo de cambio flexible si son externos o reales.
Friedman (1953)	Dada a la rigidez de los precios internos, el tipo de cambio nominal debe flotar para absorber los shocks externos.
Levy-Yeyati y Sturzenegger	Muchos países presentan regímenes cambiarios de "facto" y "de iure" que no coinciden, los países asiáticos no son los únicos. Se aplica en cualquier caso en donde no se hagan estudios que pongan un mayor cuidado en la calificación de los tipos de cambios de los distintos países.
Obstfeld (1986)	Las crisis cambiarias no reflejarían un comportamiento irracional por parte de los agentes privados, sino una indeterminación del equilibrio que puede surgir cuando los agentes esperan que un ataque especulativo cause una alteración importante en las políticas macroeconómicas del gobierno.

Fuente: elaboración propia con base en García (2005).

2.2.2 Teorías para la determinación del tipo de cambio

No existe un consenso entre los teóricos para la determinación del tipo de cambio, ya que se pueden asociar distintas teorías para fijarlo. Las principales teorías sobre las nuevas estructuras financieras en el ámbito internacional que han estado vigentes desde la finalización de la segunda guerra mundial son, la balanza de pagos, con sus distintos enfoques en relación con los desequilibrios en la cuenta corriente, y la cuenta de capital.

La mayoría de las teorías fueron desarrolladas en el periodo de SBW, cuando las monedas tenían una relación fija con el dólar (y éste con el oro), las cuales eran dictadas desde el sistema del Fondo Monetario Internacional. En este periodo se concentra la atención en la balanza comercial, la cuenta corriente y la balanza de pagos, dado que existía una regulación en los flujos internacionales de capital. En este entorno, surgen los enfoques sobre desequilibrios, tales como el enfoque de elasticidad, el enfoque ingreso-absorción, el enfoque de desplazamiento, el enfoque monetario y el enfoque fiscal de la nueva escuela de Cambridge.

La controversia generada para la determinación del tipo de cambio provocó que las teorías de comercio internacional enfatizaran la preocupación de lograr la diferenciación de productos, la libre competencia, la segmentación de los mercados y mayores rendimientos. Asimismo, surgió la dinámica de los mercados financieros cada vez más integrados, en condiciones de alta flexibilidad de los precios (dentro de los cuales se encuentra el tipo de cambio), un mayor nivel de competencia y de información actualizada; dichas teorías consideran la conexión existente entre las variables reales que determinan el comercio internacional, los tipos de cambio fijados en los mercados financieros y los niveles de inversión. Precisar la conexión entre estos dos aspectos es el problema fundamental que constituye el núcleo de las más recientes teorías del tipo de cambio (Harris, citado en Puyana, 2006, p. 166).

2.2.2.1 Teoría de paridad y poder adquisitivo (PPA)

Las teorías sobre la determinación del tipo de cambio han sido analizadas por distintos autores como Cassel en el siglo XX, uno de los más famosos y representativos. Los modelos monetarios de determinación de los tipos de cambio se basan en la hipótesis de la paridad de poder adquisitivo (PPA), de compra (PPC) o de sus iníciales en inglés *Purchasing Parity Power (PPP)*; la idea fundamental es que el valor de cada moneda se determina por su poder adquisitivo como inversa del nivel de precios, y el valor relativo de dos monedas o el valor de cambio como el ratio de sus poderes adquisitivos. En general, los defensores de la doctrina PPA se basan en explicar el tipo de cambio en factores monetarios con un sentido único de casualidad: precios, tipos de cambio y oferta monetaria, sin considerar otros factores económicos.

En el siglo XVI surge la escuela de Salamanca, la cual es reconocida por la labor de sus teólogos y juristas a partir de las aportaciones de los florentinos Laurentians y St. Antonio, en un contexto en el que España era el núcleo en la actividad comercial debido a la conquista de América, convirtiéndose en la gran receptora del flujo de oro y plata; ello supuso el incremento de la oferta de dinero que fue acompañado por un incremento de precios.

En el siglo XVII, se destacan las aportaciones de Gerard Malynes (1601), él propuso una teoría de PPA de cambio exterior, recomendaba cambios fijos, donde el cambio de un precio cierto está situado no sólo en el punto correspondiente al valor de acuñación, sino también de paridad de poder adquisitivo, de modo que los flujos de mercancías y las variaciones en los niveles de precios mantendrían la PPA coincidente con la paridad de acuñación.

Christiernin (1716), autor sueco que tuvo gran influencia en este periodo, escribió sobre la teoría PPA, al establecer como concepto el nivel de precios que en otros proponentes de la PPA sólo aparece sobreentendido. Utiliza la relación entre en nivel de precios y la oferta de dinero para formular una teoría cuantitativa del dinero. En relación con la teoría de la paridad de poder adquisitivo, describe de manera específica cómo la moneda de un país se valora por la cantidad de bienes y servicios que se pueden obtener. Señala que la variación proporcional en el tipo de cambio y el nivel de precios interior no es neutral, principalmente por el efecto contrario que tendría sobre los deudores: sólo los extranjeros con monedas del país se beneficiarían.

En el siglo XIX, periodo en el que florecieron las corrientes del pensamiento bullionista inglés, Henry Thornton (1802), como precursor, instituye la proporción de neutralidad de la teoría relativa de la PPA, en donde afirma que: "un incremento en el nivel de precios (interior), combinado con el valor de cambios de la moneda decreciente, no tiene efectos reales" (Thornton, citado en González, 1998, p. 88). David Ricardo (1817), como el más influyente de los bullionistas, formuló el teorema de neutralidad de la PPA relativa, el cual menciona que el efecto de un incremento en la oferta monetaria sobre los precios sería sólo local y nominal, que se compensaría por medio del cambio de los compradores extranjeros.

John Stuart Mill (1848) se limita a definir la PPA relativa y no menciona la PPA absoluta, sólo introduce el nivel de precios del país, nunca del exterior, trata en términos de equivalencia a un aumento en el nivel de precios y una depreciación de la moneda. A finales del siglo XIX, Marshall (1926) es considerado uno de los primeros en puntualizar la importancia de los flujos de capital y su influencia PPA, que inhiben la determinación estricta de la PPA al tipo de cambio. Sus estudios realizados en la India e Inglaterra tratan sobre los costos de

transportación que influyen en los precios de los distintos puertos de cada país. Identificó a través de su estudio que cuando un país se aparta de un estándar, tiene un efecto de desequilibrio de los precios, y el ajuste a una caída en los precios del país se da con menor cambio.

El primer caso, en Inglaterra se utiliza como moneda de cambio para las operaciones mercantiles el oro, y en la India la plata. El precio del oro y la plata estaría dado por el promedio del precio en oro y plata de las mercancías de los dos países, el país con menor cambio utilizará sus billetes de cambio sobre el otro país para atraer metal hacia el suyo. Los cambios se apreciarían en la misma proporción que la PPA. Segundo caso, para un periodo con inflación moderada y relativamente estable, la sobrevaloración del tipo de cambio anticipará la depreciación fluctuante. Y por último, tercer caso de causalidad inversa, tiene lugar bajo la hiperinflación, ya que una caída en el tipo de cambio se convierte en la base para un nuevo aumento de precios. La PPA es considerada la principal determinante del tipo de cambio, aun bajo regímenes de cambio fijo, la variación actuará sobre el nivel de precios, que a su vez se controlarán mediante la oferta monetaria.

Para los defensores de la teoría de Cassel (1928), como Yeager (1958) y Batchelor (1977), cuando es intercambio abierto entre los países, los bienes interiores compiten con las importaciones y las exportaciones, con lo cual el valor externo de la moneda se ha de reducir al propio valor interno. Ellos consideran que, en una competencia perfecta sin obstáculos al intercambio, el promedio de precios regionales para cada bien debe igualarse al tipo de cambio y los que se verifican para cada bien deben cumplirse para el número índice medio de los precios. Por lo tanto, la tasa de cambio no podría desviarse ni infinitésimamente de la paridad de poder adquisitivo.

La teoría de paridad del poder adquisitivo (PPA), la paridad de los tipos de interés, los modelos monetaristas, que consideran los tipos de cambio como precios de activos y los modelos de las expectativas "racionales" valoran como elemento esencial el arbitraje ejercido por los agentes económicos, tanto en los mercados de bienes y servicios para PPA, como en los mercados financieros para la paridad de intereses. La paridad de los tipos de interés se asocia con John M. Keynes (1937), quien consideraba el tipo de cambio como el precio de un activo; también está basada en el arbitraje, en este caso en los mercados financieros. Es posible demostrar que el arbitraje en los mercados financieros trae como consecuencia que la tasa esperada en el tipo de cambio sea igual a la diferencia intencional en las tasas de interés. De acuerdo con un investigador español, "la interdependencia global de los mercados financieros, permitida por las nuevas tecnologías de información y comunicación, y favorecida por la desregulación y liberalización de dichos mercados" (Castells, 2002, p. 38).

A partir del supuesto de un contexto económico dividido en bienes intercambiables y no intercambiables, considerando que tal reparto se realiza en función de costos de transporte (si no hay otros bienes al intercambio). Balassa (1964) asegura que los tipos de cambio reflejan los precios de los bienes que sean intercambiables, mientras que la PPA se determina por el precio de todos los bienes, de tal modo que, si el gasto nacional en los bienes no intercambiables suponen una proporción alta del total, se produce una desviación significativa entre PPA y tipo de cambio.

Marris (1984) afirma que en lugar de dos conjuntos de bienes exista un único agregado donde la intercambiabilidad sea cuestión de grado y, por lo tanto, haya una continuidad más que una separación entre ambos grupos. El factor clave que incide en la intercambiabilidad es el costo de transporte, al ser muy alto, pero no infinito. Existen servicios que, si bien no se

intercambian en términos generales, sí puede realizarse su intercambio, como de hecho ocurre en muchos casos.

La relación entre el PPA y el precio único, está formulada por la ecuación de la ley de precio único para cualquier producto, se expresa: $i, E_{\$/\in} = P_{us}^{i}/P_{F}^{i}$. La ley de precio único se refiere a productos individuales (como bien i), mientras que el PPA considera la combinación de los precios ponderados del conjunto de los productos que forman parte de la canasta de referencia.

Para el desarrollo de la teoría PPA, es necesario que existan condiciones de un mercado perfecto, lo que significa:

- Información perfecta: todos los participantes de mercado saben lo que ocurre en cualquier parte del mundo.
- Libertad de movimientos: libertad de comercio y circulación de capital.

Los defensores de la teoría PPA, establecen que si se cumple la ley de precio único se cumple para todos los productos, la PPA deberá cumplirse automáticamente, siempre que se cumpla la condición que en los países para la determinación de la PPA, se determine el cálculo de los niveles de precios en condiciones similares. Algunos autores consideran que para la determinación a largo plazo, no es necesario que la ley de precio único se cumpla de forma exacta.

Sin embargo, es difícil que se pueda dar la ley de precio único, al no darse el mercado perfecto, la ley de precio único supone que todos los servicios sean igual en condiciones de precio en cualquier parte del mundo. Por lo que, si no se da en condiciones de igualdad en

todos los países para bienes idénticos, sólo se comprarían en los países en donde los precios son más bajos o baratos, en los que existiera un libre comercio y no barreras comerciales para lo cual se estaría en condiciones de precio único.

Otros autores consideran que “cuando los bienes y los servicios resultan temporalmente más caros en un país que en los otros, la demanda de su moneda y de sus productos disminuye haciendo que el tipo de cambio y el nivel de precios vuelvan al nivel de PPA” (Krugman y Obstfeld, 2006, p. 400). Lo contratrio, provoca una “disminucion” de los productos nacionales, que tiene sus efectos en productos relativamente mas baratos, conduciendo a la economia de forma análoga a la apreciación de la moneda y una inflación del índice de precios. Por lo que el cumplimiento de la ley de precio unico es dificil para que se lleve acabo, ante la difucultad de encontrar bienes indenticos, susceptibles de ser comparados en todos los paises.

2.2.2.1.1 El modelo de tipo de cambio a largo plazo a partir de la PPA

Al explicar los modelos económicos para la determinación del tipo de cambio a largo plazo y la relación de los factores monetarios. La teoría de enfoque monetario es considerada como una teoría a largo plazo, pues los desarrollos macroeconómicos a corto plazo son, en particular, las desviaciones respecto al pleno empleo. La controversia entre los autores para establecer un modelo, unos afirman que “ningún modelo basado en variables fundamentales tradicionales tendrá éxito en explicar o predecir un porcentaje elevado de la variación cambiaria, al menos en la frecuencia de corto y mediano plazo” (Frankel y Rose, 1994, p. 2);

mientras que otros resumen que “ningún modelo vence a una caminata aleatoria” (Cheung, Chinn y Pascual, 2004, p. 19). Sin embargo, la controversia existente entre los economistas en afirmar, que la rigidez de los precios y algunos sostienen que sólo son rígidos en apariencia, en realidad, se ajustan inmediatamente para equilibrar los mercados. Por lo que no son tan pesimistas para explicar la dinamica cambiaria. Como establecen quienes entran en defensa de los modelos monetarios para la determinación cambiaria en su estudio realizado, en donde critican los resultados de Meese y Rogoff (1983) y sugieren que “para la mayor parte de la experiencia de flotacion de los años setenta, los movimientos cambiarios estan conectados a variables macroeconomicas y los signos de todos los parámetros no son inconsistentes con modelos monetarios” (Frydman y Goldberg, 2007, p. 246).

Finalmente la moneda del país en donde existe mayor inflación será la que se deprecie, respecto a la moneda del país de menor inflación; la moneda en donde exista menor inflación será la que se aprecie respecto a la moneda del país de mayor inflación. Esto implica que los tipos de cambios se irán ajustando a todas las variaciones de precio experimentadas por todos y cada uno de los bienes existentes en un país. Se puede concluir que la mayoría de los teóricos, no apoyan el modelo PPA en términos absolutos; por lo que se debería de manera relativa considerar IPC promedio, y compararlo con la canasta de compra de un país.

2.2.2.2 Teoría de paridad de las tasas de interés (PTI)

La paridad de las tasas de interés se refiere a la relación existente entre las tasas de interés y el tipo de cambio y rendimiento, esto significa que entre mayor sea el riesgo en la inversión de un instrumento financiero, mayor es el riesgo de pérdida. Los inversionistas institucionales e individuales tratan de encontrar una relación de ajuste de riesgo con la tasa más alta, contrariamente a quienes acuden al mercado para financiamiento de crédito, las organizaciones buscarán las de menos costo financiero con su nivel de riesgo de crédito.

La naturaleza misma de la PTI constituye un tema de debate, pues ha considerado desde una burda regularidad empírica hasta una teoría de determinación del tipo de cambio de *Dornbusch*. La mayor parte de los modelos determinan el tipo de cambio, aun cuando no se acepta que no describe adecuadamente la relación tipo de cambio-precios en el corto plazo, pero que sí da la posibilidad de que lo haga en un periodo de mayor plazo (Carbaugh, 2005, p. 398).

La globalización de los mercados financieros en el ámbito internacional ha tenido un impacto en las economías de los países, hay una mayor competencia por capitales. Los inversionistas buscan los mayores rendimientos sobre la inversión de capital, sus efectos en tipo de cambio que provocan apreciaciones o depreciación de las monedas de los países. Si los demás determinantes del tipo de cambio son constantes, el crédito fácil y las tasas de interés a corto plazo relativamente bajas provocan la depreciación del tipo de cambio de una nación, mientras la contracción del crédito y las tasas de interés a corto plazo relativamente altas permiten que la moneda del país se aprecie.

Para testimoniar la importancia de las tasas de cambio en el intercambio comercial, Ocampo considera que "éstas desempeñan las mismas funciones que cualquier otro precio en una economía" y agrega "sin embargo, éstas son el precio de todos los precios" y remata diciendo que son "los precios superiores en la economía, en la medida que no afectan las decisiones sobre el uso de un sólo producto o factor de producción, sino que, por el contrario, afectan los precios de todos los bienes, servicios y factores que se pueden comerciar con otros países". (Ocampo, 1999, p. 333)

Haldane y Read (2000) privilegian igualmente la hipótesis de expectativas para explicar los movimientos en la estructura a plazo ante cambios de la tasa de interés. Plantean que las tasas de interés a plazo están determinadas por las expectativas de la trayectoria futura de las tasas de interés *spot* de corto plazo, las cuales son en buena medida estipuladas por el banco central. Por lo anterior, la estructura a plazo depende de las creencias de los agentes acerca de la trayectoria esperada de las tasas del banco central actuales y futuras. Estos autores sugieren la existencia de dos componentes de la regla de política monetaria sobre los cuales el sector privado podría tener información diferente de la que tienen las autoridades monetarias: la evolución de las variables macroeconómicas y los objetivos de política (también llamada información privada sobre las preferencias de las autoridades).

De acuerdo con su interpretación, en casos de alta credibilidad y completa transparencia, no debería registrarse ningún cambio en la estructura a plazo después de una modificación en las tasas oficiales. Agregan que una mayor transparencia atenúa la volatilidad de la curva en la parte corta, mientras que la credibilidad lo hace en la parte larga de la misma. Los autores presentan evidencia en el sentido de que con el régimen de milación objetivo en el Reino

Unido se ha reducido la magnitud de las respuestas de la estructura a plazo ante cambios en las tasas de interés.

Romer C. y Romer D. (2000), utilizan un enfoque diferente que se apoya en la información de pronósticos tanto de la Reserva Federal como de los comercial *forecasters*. Su hipótesis es que las tasas de largo plazo reaccionan, dado el superior conjunto de información de la autoridad monetaria, sobre la trayectoria futura de inflación. De esta manera, cuando los agentes observan acciones asociadas a una política monetaria más restrictiva, en lugar de inferir que la *Federal Reserve System* (FED) está decidida a luchar contra la inflación, lo que intuyen es que ahora hay nueva información desfavorable sobre la inflación con la que antes no contaban. Sus resultados muestran que los pronósticos de la FED sobre la inflación son superiores a los de los comercial *forecasters*, lo cual sugiere que aquella posee información útil sobre la inflación. Finalmente los estudios realizados sobre la tasa de interés, el impacto en los mercados FINANCIEROS y la economía mexicana, se describen en la tabla siguiente:

Tabla 3. Estudios realizados sobre la tasa de interés

AUTOR	DESCRIPCIÓN
Carstens y Reynoso (1997)	Analizan la relación que existe entre los agregados monetarios M_1 y M_4, con el índice general de precios al consumidor, las tasas de interés nominales, el producto medido por el PIB, el tipo de cambio nominal y real, la formación bruta de capital fijo y la cuenta corriente.
Gil Díaz (1997)	Analiza, en forma gráfica si la política monetaria en México durante 1996 tuvo repercusiones en los movimientos de la tasa de interés y de tipo de cambio. La variable que mide la política monetaria es el objetivo de saldos acumulados, mientras que para la variable tasa de interés se toma la tasa de fondeo y para el tipo de cambio se maneja el *spot*. El autor encuentra que cuando el banco central conserva una postura negativa, sobre todo en el primer semestre de 1996, la tasa de interés reacciona a la alza para contener la depreciación del tipo de

	cambio. Pero para el segundo semestre de ese año, los movimientos del tipo de cambio y de la tasa de interés fueron independientes de la política monetaria.
Aguilar y Juan-Ramón (1997)	Muestran el efecto que tienen las señales de política monetaria, que envía diariamente el Banco de México al sistema bancario, sobre la tasa de interés mediante su objetivo de saldos acumulados de septiembre de 1995 a diciembre de 1996. Para ello construye la variable choque de liquidez, que se define como la diferencia de la demanda de dinero observada y pronosticada. Las principales conclusiones del estudio son que los choques de liquidez positivos generan aumentos en la tasa de corto plazo y el efecto es puramente transitorio; un aumento en el objetivo del Banco de México causa una disminución en la tasa de interés, y una depreciación del tipo de cambio hace que la tasa de interés aumente.
Mc Callum (1999)	Estudia el mecanismo de transmisión monetaria, tanto en su componente sistemático como aleatorio. Él argumenta que la parte sistemática de la política monetaria es más importante que la parte aleatoria, porque los *shocks* constituyen una proporción muy pequeña de la variabilidad del instrumento de política. En este sentido, el autor propone que los mecanismos de transmisión monetaria deben ser estudiados a través de modelos estructurales mediante el análisis del vector de autocorrelación, en vez de la modelística VaR. Para ilustrar este argumento utiliza un modelo de economía abierta estructural.
Castellano (2000)	Analiza el impacto de la política monetaria del Banco de México mediante la variación del objetivo de saldos acumulados sobre la estructura de las tasas de interés, con datos diarios para un periodo que va de 1996 a 2000. Las variables adicionales son el tipo de cambio peso/dólar y la tasa de interés del Bono del Tesoro a 30 años de Estados Unidos. Para medir este impacto, utiliza una regresión estimada por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), la matriz de correlación, las pruebas de causalidad de Granger y la metodología VaR. Los resultados son los siguientes: en cuanto a la estimación por MCO, se encuentra que una reducción del saldo

	objetivo, una depreciación del peso y un incremento en los diferenciales de la tasa de interés se asocian a incrementos en la tasa de interés; según las pruebas de causalidad, el tipo de cambio causa, en el sentido de Granger, la tasa de interés, el saldo objetivo causa la tasa de interés y viceversa y el tipo de cambio causa el saldo objetivo y viceversa; las estimaciones del VaR confirman que el saldo objetivo anunciado tiene un efecto inverso en la tasa de interés y que un choque del tipo de cambio tiene el efecto directo en la tasa de interés.
Martínez, Sánchez y Werner (2001)	Analizan cómo la instrumentación de la política monetaria en México está condicionada por la volatilidad de los rendimientos de los bonos gubernamentales cotizados internacionalmente y miden el impacto que éstos tienen en la tasa de interés y el tipo de cambio. Para calcular este impacto utilizan un vector autorregresivo donde se incluye el rendimiento de estos bonos, la variación logarítmica en el nivel del tipo de cambio y la tasa de fondeo, del periodo del 1996 a 2000, con observaciones diarias. Los resultados de la investigación muestran que un *shock* en el rendimiento de los bonos externos provoca aumentos tanto en la tasa de interés, como en el tipo de cambio. Además, obtienen evidencias de un efecto positivo y significativo de la depreciación cambiaria sobre la tasa de interés.
Angeloni, Kashyap, Mojon y Terlizzese (2003)	Miden los efectos de la política monetaria sobre el producto y los precios en EUA y la zona del euro, en un periodo muestral de 1960 a 2001 con datos trimestrales. Ellos utilizan la metodología VaR, con las variables tasa de Fondos Federales, agregado monetario M_2 y M_3 (para la zona del euro), inversión, consumo, salario real, ganancias corporativas, índice del precio de las acciones y la tasa real activa. En su estudio, encuentran que en EUA un *shock* en la tasa de Fondos Federales provoca una disminución en el producto de dos trimestres y que los precios responden con mayor lentitud ante este *shock*. Para la zona del euro, encuentran que un *shock* en el agregado monetario M_3 impacta al producto después de un año y afecta a los precios en forma gradual. Para hacer robustos los hallazgos en la zona del euro, se realizan los mismos análisis para Francia, Alemania, Italia y España.

	Todos los resultados del estudio individual concuerdan con los encontrados en forma general.
Gaytán y González (2006)	Tratan de identificar cambios en los mecanismos de transmisión de la política monetaria en México con datos mensuales de noviembre de 1991 a febrero de 2005, para ello utilizan VaR no lineales, los cuales permiten cambios en los parámetros a través del tiempo. Las variables que utilizan son la tasa de cambio real, la inflación, las expectativas de inflación y la tasa de cambio nominal. Estos autores encuentran que el rompimiento del mecanismo de transmisión monetaria comienza en el año 2001, fecha que coincide con la adopción del Banco de México de un esquema de objetivos de inflación. Después del impacto de la política monetaria sobre la tasa de interés del 59 %, cambiaron las fluctuaciones del tipo de cambio real, las cuales han tenido efectos pequeños sobre el proceso de formación de los precios, sobre la tasa de interés nominal y sobre las expectativas de inflación.
Guzmán y Padilla (2009)	Se muestran los resultados de las pruebas de causalidad de Granger entre las variables para conocer el orden de precedencia entre ellas. Para ello, se subdivide la muestra en dos grandes periodos, uno que va de 1996 a 2000 y otro que abarca de 2001 a 2007. Esta subdivisión se efectuó con el fin de conocer el impacto de la política monetaria, medida a través del saldo objetivo diario, antes y después de que el Banco de México adoptara un esquema de objetivos de inflación. Finalmente, se estima un VaR irrestricto para cada subperiodo y se presentan las funciones de estímulo-respuesta y las tablas de descomposición de la varianza.

Fuente: Guzmán y Padilla, 2009.

2.2.2.3 Teoría de la balanza de pagos

Los planteamientos para determinar el tipo de cambio tienen una relación estrecha con los distintos enfoques sobre los mecanismos de ajuste de la balanza de pagos. La teoría de los enfoques económicos se pueden distinguir entre los que sostienen los cambios en el nivel de precios y en precios relativos los que logran desplazamiento hacia puntos de equilibrio en la balanza de pagos. La teoría neoclásica y los keynesianos que establecen que las variaciones en el nivel de producción e ingreso resultantes de los cambios en la balanza de pagos son la fuerza, posteriormente inciden en la misma, asegurando mediante el proceso interactivo el desplazamiento hasta un eventual equilibrio.

Hay una pregunta que es necesario realizar y a la que se debe dar respuesta, ¿Cuál es el origen del desequilibrio externo y cuáles son las políticas y los mecanismos de ajuste? Entre estos últimos la política de tipo de cambio ocupa un lugar primordial. Dentro de la corriente ortodoxa, los enfoques de elasticidad e ingreso-absorción consideran que el problema fundamental es un déficit persistente en la cuenta corriente de la balanza de pagos. El enfoque de desplazamiento *switching* consiste fundamentalmente en una serie de recomendaciones de política discrecional por parte del gobierno a fin de desplazar o desviar el gasto de la producción importada hacia la producción doméstica para mejorar la balanza comercial.

La escuela monetaria de Chicago señala que la demanda por dinero es función de un conjunto de variables macroeconómicas tales como el ingreso real y la tasa de interés que muestran un comportamiento relativamente estable y predecible: que la oferta de dinero está exógenamente determinada; que la economía opera a niveles cercanos a la plena utilización de recursos o, lo que es igual para dicha escuela, que se opera con un nivel de desempleo “no acelerador de la

inflación" y que los cambios en el acervo de dinero no afectan a las variables reales de la economía, al menos en el largo plazo.

El enfoque fiscal de la nueva escuela de Cambridge destaca las interrelaciones entre el saldo fiscal y el saldo externo, estableciendo una relación causal, aunque por razones que difieren del enfoque monetario entre el déficit del sector público y el déficit en la cuenta corriente. Los críticos señalan que la causalidad puede ir en ambas direcciones y los supuestos del modelo son extremadamente rígidos. Como puede deducirse, las teorías están estrechamente relacionadas con los enfoques sobre el mecanismo de ajuste en las cuentas de la balanza de pagos.

La principal limitación al crecimiento de cualquier economía de nivel medio de desarrollo proviene del déficit comercial, al que en los estudios poskeynesianos se le atribuye un carácter estructural. Según el enfoque estructuralista, desde los trabajos de Prebisch (1949), Myrdal (1957) y Pinto (1991), entre otros, el saldo de divisas limita el crecimiento económico, puesto que provoca crisis recurrentes de balanza de pagos. La demostración empírica de esta regularidad es a lo que se ha dado en llamar la ley de *Thirlwall*, que hace referencia a las restricciones externas para el crecimiento en los países en desarrollo.

Dado el proceso de marcada apertura económica emprendido por estos países, el tipo de cambio se ha convertido en una de las variables fundamentales sobre las cuales se construye la nueva arquitectura económica. Sin embargo, ésta se basa en una modalidad de gestión que es funcional a la estabilidad macroeconómica, compatible con el equilibrio de las finanzas públicas, el control de la oferta monetaria y las tasas de interés elevadas, pero que no fue

diseñado para las economías de migración sustentadas en el financiamiento externo por la vía de las remesas.

La diferencia de los resultados entre los países de tipo de cambio fijo, ligado al dólar y de libre flotación, indica que el régimen cambiario puede contribuir al mejor aprovechamiento de los fondos enviados por los trabajadores migrantes puesto que, en la práctica, contribuyen a disminuir las restricciones externas al crecimiento. Pero en las economías abiertas no puede tomarse el riesgo de mantener un tipo de cambio fijo, al menos durante un plazo prolongado, debido a los desequilibrios macroeconómicos que ello suele provocar y que se manifiestan mediante fuertes devaluaciones monetarias.

El tipo de cambio, en gran medida por ser un proceso complejo, que depende de las expectativas volátiles de inversionistas especuladores que operan en los mercados cambiarios, es al menos de un año, es decir, es de carácter especulativo. Durante la vigencia del patrón oro clásico los flujos internacionales de bienes y capitales eran relativamente libres, se consideraba al oro como el monarca anónimo, y a la libra esterlina, como el poder detrás del trono, ya que Londres se erigía como el centro financiero mundial. La oferta monetaria de cada país estaba regida por el patrón de oro y la cantidad de dinero que circulaba en cada país estaba limitada por la cantidad de oro en manos de la autoridad monetaria. El oro representaba lo que se denominaba la base monetaria y aseguraba el valor del dinero, el cual estaba vinculado con los resultados de la balanza de pagos. Un superávit en la balanza de pagos conducía a una entrada de oro y un incremento de la oferta monetaria; un déficit en la balanza de pagos resultaba una salida de oro y una reducción del circulante. Durante 25 años de vigencia fue un sistema que permitió el funcionamiento de la economía mundial, el desarrollo y auge de la economía después de la postguerra. Los países industrializados en los

desequilibrios fundamentales se oponían a modificar el valor de sus monedas; en cambio los países subdesarrollados devaluaban las suyas.

El Fondo Monetario Internacional vio la necesidad de realizar ajustes y modificaciones a su funcionamiento, para lo que amplió el crédito o los préstamos a los países, instauró una política para flexibilizar el tipo de cambio y favorecer la creación de las reservas mundiales. Estados Unidos influyó en gran medida a que el Sistema Bretton Woods[2] fuera al fracaso debido a que las economías dependientes del patrón oro, respaldadas por las reservas de Estados Unidos, representaba el 75 % de oro en el mundo. En 1971 las expectativas de la devaluación del dólar provocaron una gran fuga de capitales de Estados Unidos, cuando algunos bancos centrales europeos intentaron convertir sus reservas de dólares a oro, Estados Unidos suspendió la convertibilidad de dólar a oro e impuso una sobretasa del 10 % a las importaciones, lo que generó una gran desconfianza internacional provocando la caída del sistema.

El actual Sistema Monetario Internacional, en los últimos 20 años ha sufrido modificaciones, por la velocidad de los cambios de la economía mundial. La política de un tipo de cambio fijo no era la solución para el crecimiento de las economías en los países, lo que provocó un proceso de transformación para adoptar un régimen de cambio flexible.[3] Las implicaciones de un déficit en Estados Unidos están provocando un déficit que traslada a otras economías exportadoras hacia ese país. La nueva tendencia es lograr adoptar un régimen de tipo de

[2]El Sistema Bretton Woods, desde la Segunda Guerra Mundial hasta 1973, se caracterizó por el predominio de los tipos de cambio fijos. El dólar estadounidense era la divisa de reserva internacional, convertible en oro a un tipo fijo de 35 USD/oz, dólar. Los acuerdo de Bretton Woods aplicados por el FMI, con el propósito principal de mantener la convertibilidad monetaria y, por ende, de promover el comercio mundial.

[3]Modelo macroeconómico de tipo Mundell-Fleming, en la metodología se emplea un modelo de datos de panel aplicado a las series de tiempo de las variables que forman parte de la balanza de pagos. La ventaja de este enfoque monetario de la balanza de pagos radica en que permite analizar los desequilibrios internos a partir de las variables nominales de actividad económica, sin un comportamiento determinado de las demás variables macroeconómicas, tales como el nivel de ocupación.

cambio fijo, manteniendo un mercado de capitales abierto, y gozar de autonomía monetaria. Para lograr que los países se incorporen al proceso de globalización y para ser competitivos es necesario implementar:

- Una política para eliminar las barreras comerciales.
- Otorgar autonomía a sus bancos centrales y bajar la inflación.
- Sanear las finanzas públicas y la modernización en el sistema de impuestos.
- Fomentar el ahorro y la inversión.
- Inversión en capital humano y físico.

La finalización del SBW logró cierta eficacia en el sistema monetario mundial, de acuerdo con otro investigador, "los nuevos modelos de la cuenta de capital y de la selección de activos, con el sistema financiero mundial que se desarrolló en 1970, un sistema caracterizado por tasas de cambio fluctuantes y mercados internacionales integrados" (Harris, 1994, p. 117). La teoría desarrollada por Milton Friedman (1953) establecía la no participación del Estado, en ella se cree que el tipo de cambio de forma automática se ajusta en un equilibrio (los fundamentales), debido a la participación de los especuladores, por lo que se asume que el mercado es eficiente, y que, por lo tanto, los precios reflejaban plena e instantáneamente toda la información, de manera que ningún operador del mercado podría aprovecharse de conocimientos especiales a fin de obtener ganancias extras.

La política establecida por la banca central y el gobernador del Banco de México es trascendental para el desarrollo de México; la política cambiaria y las decisiones impactan para lograr el equilibrio del tipo de cambio. La devaluación de la moneda permite corregir el equilibrio de la balanza de pagos si se acompaña de políticas restrictivas para reducir las importaciones e incrementar las exportaciones. Con la devaluación se afectan los principales

indicadores económicos, la política fiscal y monetaria que pudieran lograr de manera gradual impactos en los sectores de la población menos favorecidos y sus implicaciones sociales y políticas pueden estar fuera de control del Estado (ver figura 5). El año de 1994, cuando se origina la devaluación, es un ejemplo de una política fiscal y monetaria muy restrictiva, con la cual se logró un equilibrio en la cuenta corriente en tan sólo un año, pero a un costo social y político muy elevado. Para poder establecer que las curvas de las exportaciones y las importaciones son elásticas, la devaluación es un instrumento eficaz de política, donde es necesario que se presenten las siguientes condiciones:

- Economía abierta al mercado internacional, en donde se den las condiciones de inversión y los derechos de propiedad.
- La política de estabilidad a largo plazo en los indicadores macroeconómicos.
- La implementación de una política y un sistema de precios sin intervención del Estado (monopolios).
- El generar un sector exportador fortalecido y diversificado en distintos sectores productivos, buscando ventajas comparativas a nivel internacional.

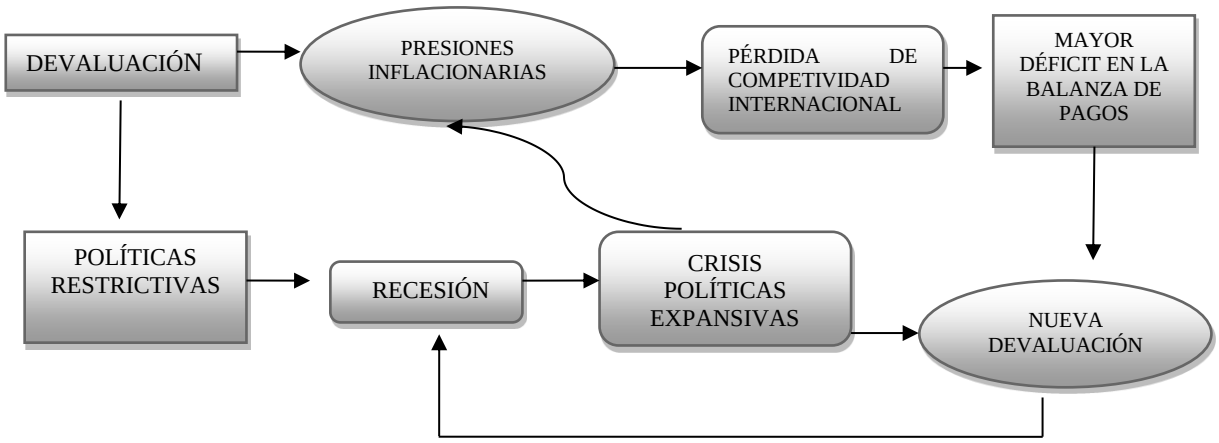


Figura 5. Fracaso de la devaluación para establecer equilibrio en la balanza de pagos.
Fuente: Kozikowski (2007, p. 98).

El gasto interno y el tipo de cambio para lograr un equilibrio van emparejados con una política restrictiva del gasto por el Estado, para que una devaluación logre eliminar el déficit de la cuenta corriente. En cambio, una reducción del gasto interno hace posible una reevaluación de la moneda nacional. Un incremento del gasto interno puede desplazar a la derecha la curva de la demanda de importaciones, esto tiene implicaciones en la económica para las poblaciones, por un aumento de la demanda agregada; mayores ingresos, de forma contraria, el establecer una política restrictiva y reducir el gasto interno, desplazan la curva de demanda de importaciones a la izquierda, disminuyen el porcentaje de devaluación necesario para restablecer el equilibrio. Este tipo de devaluación podría desencadenar una espiral inflacionaria, y provocar problemas en general para la estabilidad económica del país y consecuencias en el sistema financiero mexicano. Se pueden establecer los factores que influyen en la curva de la demanda de importaciones que pueden moverla hacia la izquierda, con el fin de reducir el déficit de la cuenta corriente:

- Una disminución en el ingreso nacional (PIB), provocada por razones de una política fiscal y monetaria restrictiva.
- Incremento del ahorro interno que reduce el gasto interno sin la necesidad de reducir el PIB.
- El incremento de la productividad de las empresas nacionales en relación con los productos extranjeros, que permitirá una mayor integración al mercado y una sustitución competitiva de importaciones.
- Mayor ventaja en el intercambio en los mercados internacionales, a consecuencia de la baja de los precios del dólar, para adquirir productos extranjeros.
- La disminución de la inflación logra un mejor posicionamiento de los productos nacionales en relación con los productos importados.

La idea de llevar a cabo estas políticas es considerada como neoliberal. Por ello, en los años recientes esta clase de sistemas va perdiendo credibilidad y se ha producido un creciente apoyo en beneficio de una "visión bipolar" (*two corners approach*) (Mishkin, 1998). Según este enfoque, las paridades ajustables o los tipos de cambio intervenidos son difíciles de mantener cuando existe una alta movilidad de capitales. En este panorama, la supervivencia del régimen cambiario exige que la paridad sea defendida con gran determinación o que el tipo de cambio se ajuste periódicamente en respuesta a las fuerzas del mercado. Los partidarios de este planteamiento consideran que estas condiciones sólo pueden satisfacerse por dos regímenes extremos: los sistemas fijos "más estrictos" como un *currency board* o la dolarización o, por otra parte, por los sistemas cambiarios "más flexibles" (Calvo citado en Ripoll, 2006, p. 48). El fundamento de esta argumentación es que los países con un alto grado de integración financiera deberían abandonar los regímenes intermedios y situarse en alguno de estos dos extremos del espectro cambiario. Lo cierto es que en México, por la dependencia del extranjero, cualquier movimiento en el tipo de cambio por las economías predominantes provoca un efecto colateral en la economía mexicana.

La importancia del mercado de divisas es su función crediticia. Por lo general, se necesita crédito cuando los bienes se encuentran en tránsito, y éste también le permite al comprador ganar tiempo para revender los bienes y efectuar el pago. En general, los exportadores conceden 90 días a los importadores para que efectúen sus pagos. De acuerdo con el enfoque fundamental el tipo de cambio está determinado por la cuenta corriente, para conocer el impacto, primero es necesario analizar los factores que afectan a la cuenta corriente y, segundo, cuáles afectan a la cuenta de capital que depende de la política de inversión extranjera de capital por el Estado:

Las principales fuentes de oferta de divisas incluyen:

- Las exportaciones de bienes de servicios (X).
- Las remesas de los ciudadanos que trabajan en el extranjero.
- Las intercesiones del banco central, si éste vende las divisas en el mercado.
- Las entradas netas de capital externo, que incluyen tanto la inversión extranjera directa como la inversión en cartera.

Si todo lo demás permanece constante, un incremento de la oferta de divisas provoca una apreciación de la moneda nacional: el tipo de cambio y las divisas bajan.

La demanda de divisa proviene de:

- Las importaciones de bienes de servicios (M).
- La intervención del banco central, cuando éste compra las divisas.
- Las salidas netas de capital, que incluyen la inversión de los mexicanos en el extranjero y la reducción de la inversión extranjera: el tipo de cambio sube.

2.3 Mercado de derivados y modelación

Se puede revisar que dentro del periodo de la edad media, en donde la principal actividad económica era la agricultura, se utilizaron los contratos de futuros con los comerciantes. En Japón se tienen registros de la organización del mercado de arroz de Dojima, en los años de 1600 y en 1730, por sus características, dicho mercado se considera como referencia del mercado actual. A partir de la revolución industrial, con la apertura del comercio y el desarrollo de los países, en particular en Estados Unidos, en la ciudad de Chicago, 1848, fue

fundado el *Chicago Board Trade Center*, que buscaba lograr la estandarización y la calidad de los productos agropecuarios; para 1874, nace *Chicago Mercantile Exchange* en donde se realizan operaciones con productos perecederos.

A partir del siglo XIX, surgen los primeros estudios sobre el riesgo basados en las teorías de Bachelier (1900) el cual plantea en su tesis "La teoría de la especulación", cuya esencia radica en las matemáticas financieras y el proceso estocástico. A partir de 1950 y 1960, los trabajos llevados a cabo por Markowitz, Modigliani, Miller, Sharpe, Lintner, Fama y Samuelson están orientados a la acumulación de información financiera para determinar el riesgo en las organizaciones. Los mercados financieros se caracterizaron, especialmente en Estados Unidos, por una baja volatilidad, las tasas de interés se mantenían estables y el tipo de cambio era fijo, por lo que los inversionistas y financieros no buscaron adoptar nuevas tecnologías financieras para la administración del riesgo (Merton, 1998, p. 323).

En los años setenta la comunidad científica se volvió más sofisticada, gracias a la utilización de modelos estocásticos y la valoración de las opciones; mientras que, en el sistema financiero internacional se dieron cambios estructurales provocando un aumento de la volatilidad de los mercados, entre los que se pueden señalar: el cambio de la política cambiaria de fijo a flotante, la caída de Sistema Bretton Woods, la devaluación del dólar, la crisis mundial del petróleo, la inflación de dos dígitos, el incremento de la tasa de interés y la caída de precios de las acciones del principal indicador *Dow Jones* en New York (Merton, 1998, p. 324). A partir de este periodo adquieren relevancia los estudios realizados por Merton, que contribuyeron al desarrollo de la aplicación de modelos para la valuación de opciones en el mercado de derivados, la cual amplía su espectro de práctica en otros campos de las finanzas.

Con el cambio del sistema patrón oro (Bretton Woods), a partir de 1971 el sistema financiero internacional ha tenido cambios en la afectación del tipo de cambio, las tasas de interés, inflación, y en el desarrollo de las economías de los países. En la actualidad los mercados de futuros (o de instrumentos derivados) más importantes en el mundo son los de Chicago y New York, en donde se realizan contratos tanto de materias primas (*commodities*), como de tasas de interés, bonos, acciones, índices y tipos de cambios, cubriendo las principales operaciones del mercado de futuros. En ese periodo se desarrollaron modelos para poder determinar los precios de las opciones, según la teoría de Black-Scholes. Como resultado surge la *International Monetary Market* (*IMM*) que fue fundada en 1972 como una división del *Chicago Mercantile Exchange*, para procesar contratos de futuros en divisas.

Un producto derivado es un instrumento cuyo precio depende de otra variable (un activo, una tasa interés, el precio de un bien físico, etcétera). Dicha variable es conocida como subyacente, por lo que los productos derivados más importantes por la cantidad y operación en el mercado de derivados son: los contratos *forward*, los contratos futuros, las opciones y los *swaps*, éstos dan la protección asociada contra el riesgo sistemático, lo que permite la utilización de los futuros en la formación eficiente del mercado de contado (*spot*).

El aumento de la utilización de los mercados de futuros para cubrir el riesgo de mercado es en gran medida por la flexibilidad que ofrecen a los usuarios para entrar y salir de manera fácil en el mercado a causa de la liquidez y el apalancamiento. En el sector agrícola, desde hace más de un siglo han sido utilizados los futuros sobre bienes o productos físicos (*commodities*), debido a las características, como el bajo costo de transacción, que permiten a los productos, compradores e intermediarios del bien subyacente administrar el riesgo del mercado. En la operación se obliga a las contrapartes a comprar y vender un producto a una fecha

determinada y a un precio acordado, en el momento en que pacta el contrato, se puede establecer que el riesgo de crédito es nulo, dado que la cámara de compensación regula por medio del cobro de una comisión y actúa como contraparte de todas las partes, por lo que garantiza el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por todos los participantes del mercado.

El principal problema de los derivados es la vinculación de un activo subyacente, no se puede asegurar que el activo sea una garantía de forma permanente, dado que puede ser objeto de venta en cualquier momento. Para lo cual es necesario fijar un precio de garantía, respaldado por operaciones tales como depósitos, seguros de pensión y el valor real de la opción; la aplicación del modelo Black-Scholes asume el supuesto de que el activo subyacente es de forma permanente en el mercado, ¿es correcta su aplicación para fijar el precio de una cobertura, partiendo de que el activo subyacente es constante en el mercado?

Dada la volatilidad de los mercados, fijar el precio incide en el tiempo como factor en el caso de las opciones (Hull, 2009, p. 274). Lo que hace necesario considerar que el activo subyacente es una variable que refleja el aumento o la diminución del costo de la prima, para la determinación del precio de las opciones y futuros. Por ello la importancia de establecer una estrategia en un portafolio de cobertura de contratos, constituida a partir de todos los activos que se negocien incluyendo los instrumentos libres de riesgo. El primer paso es encontrar la estrategia de cartera construida a partir de todos los activos negociados con mayor bursatilidad y rentabilidad; y el segundo es obtener una cartera dinámica de opciones libres de riesgo de activos (Ross, Westerfield y Jaffe, 2005, p. 280).

Hull señala que “las estrategias con opciones son una serie de combinaciones que permiten a los especuladores o inversionistas, principalmente, obtener ganancias rápidas dentro de un mercado, a partir de la descripción realizada y las posibles ganancias o pérdidas en la compra o venta de una opción” (Hull, 2009, p. 13). La compra de dos o más opciones, tanto de compra o venta pueden generar comportamientos distintos con amplios márgenes de utilidades, para lo cual es necesario ser un experto en el manejo de las opciones y futuros y conocerlos al detalle para saber en qué momentos es necesario realizar este tipo de estrategias y obtener beneficios.

En 1994, surge la teoría del VaR (*Riskmetrics*), desarrollada por J.P. Morgan, es un método utilizado por esta firma internacional financiera, ante la globalización de los mercados financieros, las distintas crisis financieras mundiales y la aversión del riesgo como una variable presente en las decisiones financieras tomadas por las empresas. La importancia de poder determinar el riesgo fue fundamental para los administradores de las carteras de inversión lo que puede establecerse al integrar el portafolio de inversión de acciones. El acuerdo de Basilea II permitió que se generalizara esta metodología, para que mayores instituciones bancarias la utilicen como medida de riesgo. Sin embargo, algunos autores consideran que este modelo tiene limitaciones, ya que considera solo la pérdida como riesgo y no otras variables, por lo que los valores obtenidos en periodos de crisis pueden no ser significativos.

Las teorías del VaR han sido analizadas en los últimos 20 años por diferentes autores, los principales Jorion, Hull, De Lara, entre otros, han planteado distintos modelos para la determinación del VaR, los cuales han sido modificados para aplicarse en organizaciones distintas a las instituciones bancarias. El VaR es sólo una estimación adecuada del riesgo del

mercado. Esto no disminuye el riesgo más que otros estimadores en otras áreas de la ciencia. Por lo que debería ser visto como un procedimiento necesario, pero no suficiente para el control de riesgos (Jorion, 1996, p. 47).

2.3.1 Instrumentos de derivados (forwards, futuros y opciones)

En un principio se establecieron los *forwards* para satisfacer las necesidades de los agricultores y negociantes ante la inestabilidad de los precios. En la actualidad ofrecen contratos sobre diversos activos subyacentes como maíz, trigo, avena, bonos del tesoro, etcétera. Un instrumento derivado es aquel cuyo valor del producto depende del valor de otro instrumento, conocido como bien subyacente, ya que con base en él se pactan al inicio de la operación las condiciones de una futura operación de dicho bien. En los mercados financieros se manejan 5 tipos de instrumentos derivados puros: *forwards*, opciones, futuros, *swaps* y *warrants*.

Un *forward* es un acuerdo de comprar (o vender) una cantidad específica de una divisa, en una fecha futura determinada, a un precio fijado en el momento de la firma del contrato. Los contratos tienen un carácter privado entre las partes, por lo que el mercado secundario es más líquido, es decir, es más difícil revenderlos, y se debe esperar al vencimiento del contrato para tener la opción de ejercerlo, generando una pérdida o ganancia. En las operaciones adelantadas se tienen dos posiciones, según (Kozikowski, 2007, p. 271):

- La posición larga, la cual obliga a comprar el bien, en fecha, plazo, calidad, cantidad y precios determinados.
- La posición corta, la cual se obliga a vender el bien en los mismos términos que posee la posición larga.

Características:

- Es un contrato privado.
- Ambas partes tienen obligación de cumplirlos.
- El precio es pactado entre ambas partes.
- La información se restringe a los participantes.
- La cantidad y la calidad las fijan las partes contratantes.

En reunión celebrada por el G-30 se manifestaron algunas consideraciones sobre el uso de los derivados, como el hecho de que: "los derivados no introducen riesgo de mayor escala que los presentes en los mercados financieros" (2003). Los derivados de varianza, volatilidad y correlación (derivados de la volatilidad) están siendo cada vez más negociados, ya que estos instrumentos permiten nuevas oportunidades de diversificación de riesgos y proporcionan coberturas muy adecuadas cuando hay que enfrentarse a situaciones de inestabilidad en los mercados. Son instrumentos muy adecuados en la diversificación del riesgo, ya que permiten solventar, al menos de forma parcial, los inconvenientes generados por las altas correlaciones que se observan entre diferentes activos y mercados. También son activos muy atrayentes para inversores especializados capaces de realizar buenas coberturas.

Los contratos de futuros sobre productos financieros se clasifican en:

- Instrumentos que no generan utilidades.
- Instrumentos que generan utilidades y rendimientos fijos.
- Instrumentos que generan utilidades que reinvierten.

Al momento de realizar una inversión, se genera además de los intereses la ganancia por el plazo invertido. A diferencia de los *forwards*, que están hechos a la medida, los contratos futuros se estandarizan. La necesidad de estandarizar se deriva de la negociación cara a cara (*open outry*) de los contratos en el piso de remates de una bolsa de valores organizada. La estandarización permite que el mercado funcione con mayor fluidez, para que de esa forma pueda haber liquidez y un gran volumen de operaciones.

Especificación de los contratos:

- Los contratos por realizar varían entre 50 mil y 100 mil dólares.
- La operación se realiza al tipo de cambio de dólares americanos.
- Las fechas de vencimiento son estándar, la negociación es trimestral, se realiza en los meses: marzo, junio, septiembre y diciembre.
- El último día de operación es el lunes anterior a la fecha de vencimiento.
- La cámara de compensación es la contraparte en todos los contratos.

La estructura de contratos de futuros es similar a la de los que operan en la bolsa de Chicago, la diferencia en México es que se especifican en pesos y los montos son menores.

2.3.2 Coberturas cambiarias

Hay distintas opiniones acerca de la utilización de las coberturas cambiarias, tanto a favor, como en contra, de ahí la importancia de estudiar las características de cada uno de los instrumentos. Según el argumento de Miller (1963), las coberturas cambiarias sólo reducen el riesgo específico de la empresa, no el riesgo sistemático. Dado que la prima de riesgo que requieren los inversionistas es proporcional al riesgo sistemático, la cobertura cambiaria no reduce el costo de capital, y, por consiguiente, no contribuye a aumentar el valor de la empresa. Dicho valor depende exclusivamente de la capacidad de la empresa de generar flujos efectivos netos positivos y de la necesidad de cubrir los riesgos cambiarios presentes en las operaciones de la empresa, por lo que el inversionista buscará proteger la inversión de los accionistas. Las características del mercado cambiario no son perfectas, por lo tanto, se justifica la necesidad de las empresas de evaluarlo ante el riesgo cambiario, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Información asimétrica.
- Diferencias de los costos de transacción.
- Costos de quiebra.
- Impuestos corporativos progresivos.

La utilización de coberturas permite que las empresas, dentro de su planeación estratégica, puedan lograr permanencia y reducir la probabilidad de cierre de la empresa por una mala planeación financiera, además que ante los proveedores, bancos, etcétera. Se logra una mejor posición crediticia y una reducción de los costos. He ahí la importancia para las empresas donde la necesidad de implementar un sistema de información, de administración y control del riego financiero ante los mercados globales, tanto en las empresas exportadoras e

importadoras, lo que estará en condiciones mejores de competencia y así poder lograr mantenerse en el mercado, ya que por la falta de una adecuada decisión financiera ante una pérdida cambiaria, se ven en la necesidad de recortar presupuestos y el flujo continuo de recursos en la operación de la empresa.

Por lo tanto, dentro de la planeación financiera, es necesario considerar un programa de coberturas en donde el objetivo sea lograr un flujo constante de efectivo en forma segura, que garantice que la empresa tenga liquidez en el momento que lo requiera. Esto es importante para una empresa exportadora e importadora, como en el caso del camarón, para que pueda obtener un mayor apalancamiento financiero o la contratación de deuda que le permita impulsar nuevos proyectos, en mejores condiciones competitivas.

La reducción del costo de capital posibilita que la organización incremente su rentabilidad o tasa de retorno de la inversión, lo que favorecerá la viabilidad de los proyectos. Al considerar el costo de la cobertura para efectos fiscales, como unos gastos que permiten una reducción de la carga fiscal en caso de empresas comercializadoras, o con actividad de sector primario, donde la tasa impositiva es cero (ver anexo 2).

2.3.3 Opciones

Para comprender la importancia de las opciones es necesario definirlas como la participación de un comprador y un vendedor en la compra de un activo, a un precio establecido en un periodo determinado. La operación de compra o venta de una opción tiene el derecho para ejercerse dependiendo de la posición dentro de la curva de utilidad para el inversionista, es decir, da el derecho, más no la obligación. Partiendo de este concepto, el mercado de opciones en distintos instrumentos se puede operar como: tasas interés, acciones, *warrants* y productos. Para tener derecho en la compra (*call*) o venta (*put*), se paga una prima cuyo costo varía de acuerdo al mercado, para que funcione es necesario la participación de las dos posiciones.

El no ejercer la opción sólo implicará un costo para el que compró la cobertura, pero permitirá estar prevenido en caso de que exista una posición que induzca pérdidas, en tal caso, el comprador tendrá el derecho de ejercer la opción y cubrirse ante un evento futuro, lo cual afectará en menor medida los resultados financieros de la empresa y la planeación financiera (ver anexo 3).

2.3.3.1 Ventajas y desventajas de utilizar opciones

Sin duda las opciones representan cada vez más la mayor estrategia utilizada por las tesorerías de las organizaciones; una de las ventajas es que permiten que, al cubrirse, logren los niveles o márgenes de utilidad dentro de una política de dividendos de la empresa. El impacto se refleja dentro de la estructura de costos, es mínimo el porcentaje que representa como costo,

éste es recuperable al mantener los niveles de utilidad, se logra una liquidez importante en su capital de trabajo, puede mantenerse en operación, además que pueden existir otros instrumentos de cobertura en el mercado de futuros, como *swaps* que tienen un mayor costo.

Las desventajas son que no todas las organizaciones pueden acceder a estos instrumentos por no contar con los recursos en efectivo, por ser pagos adelantados y por tener un mínimo para la compra de coberturas. En México el gobierno implementa programas, en donde, en el caso de los productores en pequeño, los conforman en uno solo dando apoyo o subsidios para cubrirse y poder así lograr que los productores se protejan ante las variaciones de los precios, en caso de que la baja de los precios de sus productos no alcance a cubrir sus costos causando pérdidas, consecuentemente surge el desabasto, los problemas sociales, y, en general, un problema social en el sector rural del país.

2.3.3.2 El precio y el valor de la opción

La importancia de la prima o el costo de una opción se determinan por el mercado y las distintas posiciones de los oferentes compradores o vendedores. El precio subyacente con base en la posición puede ejercer la opción o no, por ejemplo, si se tiene una posición de compra (*call*) en donde el precio de ejercicio se encuentra por debajo del precio actual, el comprador tiene la elección de ejercer la opción, para vender al precio subyacente por arriba del precio de ejercicio, por lo que está (*in the money*) dentro del dinero.

Una posición contraria significa que se encuentra a la venta (*put*) por lo que el precio de mercado de activo subyacente está por debajo en el precio del ejercicio, por consiguiente, se puede poner en venta la opción contratada, cada una de estas posiciones se puede ver gráficamente y analizar en el cuadro siguiente: *in the money*, *at the money* y *out of the money*;

Tabla 4. Estrategias de compra y venta para una opción *call* y una opción *put*

	OPCIÓN *CALL*	OPCION *PUT*
In the money	Precio de futuros > precio de ejercicio	Precio de futuros < precio de ejercicio
At the money	Precio de futuros = precio de ejercicio	Precio de futuros = precio de ejercicio
Out of the money	Precio de futuros < precio de ejercicio	Precio de futuros > precio de ejercicio

Fuente: elaboración propia.

Dentro del valor de la opción se distingue entre el valor intrínseco y el valor en el tiempo (o valor extrínseco).

Prima (precio de la opción) = valor intrínseco + valor en el tiempo

Valor intrínseco = [precio de ejercicio – precio de futuros]

Valor en el tiempo (valor extrínseco) = prima-valor intrínseco

Si la opción tiene valor intrínseco, resulta rentable ejercerla, es decir, está *in-the-money*. Los participantes pagan por la posibilidad de que la opción eventualmente esté *in the money*. En general, entre más tiempo haya antes de la expiración de la opción, el valor en el tiempo será mayor porque el precio de mercado tiene mayor tiempo para alcanzar un nivel rentable y moverse favorablemente.

El sentido común diría que, *ceteris paribus*, el derecho de comprar algo vale más si se tiene un año para decidir en lugar de solamente seis meses. Por otro lado, la prima de la opción *put* aumenta con precios de ejercicios mayores; y la prima del *call* aumenta con precios de ejercicio menores. Por ejemplo, la magnitud del valor intrínseco y la prima de una opción *call*

disminuyen conforme el precio de ejercicio aumenta, ya que hay menos posibilidades de que la opción se ejerza. Los poseedores de una opción tienen tres alternativas para cancelar su posición:

1. Ejercer la opción. Solamente se ejercerá la opción cuando esté *in the money* y su valor en el tiempo sea 0.
2. Dejar que la opción expire sin ejercerla.
3. Compensar la opción tomando la posición contraria previa a la fecha de expiración. Se compensará la opción cuando su valor en el tiempo sea positivo porque la prima de la opción excederá el valor intrínseco y la ganancia total será mayor. Compensar la opción involucra vender la opción *call* o *put* si ésta se había comprado inicialmente, o comprar la misma opción si ésta se había previamente vendido.

2.3.4 Modelos para el control de riesgos financieros

La teoría moderna de las finanzas comienza a finales de la década de los cincuentas, sin embargo, no se puede dejar de mencionar a Bachelier precursor en la utilización de modelos con variables aleatorias para el cálculo del precio de activos financieros, quien publicó un trabajo sobre la teoría de la especulación como tesis doctoral en el Colegio de Sorbona en 1900. Su trabajo permitió la evolución de las teorías financieras modernas y el riesgo como factor que influye en los mercados. No obstante, los trabajos de Bachelier estuvieron perdidos por más de medio siglo, fue hasta finales de los años cincuenta cuando son rescatados por Samuelson, quien menciona en algunos de sus trabajos los modelos de inversión y precios bajo incertidumbre.

Antes de los trabajos realizados por Markowitz, Modigliani, Miller, Sharpe, Lintner, Fama y Samuelson, durante 1950 y 1960, la teoría financiera era una pequeña colección de anécdotas y reglas contables de datos financieros. No fue hasta finales de 1960 y principios de 1970 cuando los modelos financieros fueron considerablemente más sofisticados, debido a la valoración de la incertidumbre de los mercados de manera óptima. Los trabajos realizados por Arrow y Debreu (1954) dan un nuevo rumbo a la investigación sobre los modelos de mercados bajo incertidumbre, demostrando cómo el modelo original de régimen de certidumbre podía ser adaptado.

En el último cuarto de siglo se dan nuevos mecanismos para el financiamiento y diseño de mercados, gracias a los avances tecnológicos en las comunicaciones y en la teoría financiera, así como los cambios en el sistema financiero de los mercados, lo que contribuyó al extraordinario crecimiento y el éxito de los mercados de derivados. A través de éstos se obtuvo financiamiento para la administración del riesgo, la cual representa en términos de costos la undécima parte del costo total, de ahí la importancia de reducir el costo. Como ejemplo se encuentra Italia, que por medio del mercado de derivados redujo la deuda pública y el déficit de cuenta corriente al 1.25 % del PIB (Merton, 1998, p. 325).

2.3.4.1 Modelo Black-Scholes

A principios de los años setenta se desarrollan modelos que toman en cuenta los aspectos de incertidumbre e interpolaridad en la valuación de activos y en la toma de decisiones en el ámbito financiero, se utilizan metodologías matemáticas más avanzadas, tales como la programación dinámica, el cálculo estocástico y las ecuaciones en derivadas parciales. El resultado más importante de estas investigaciones fue el modelo de valuación de opciones de Black-Scholes, iniciado por los matemáticos Fischer Black y Myron Scholes (1973).

Analizando la evolución del modelo, se puede hacer referencia a los primeros trabajos realizados sobre valuación de opciones, los cuales eran expresados en órdenes a plazo; algunos autores como Sprenkle (1961), Ayres (1963), Boness (1964), Samuelson (1965), Baumol, Malkiel y Quandt (1966) y Chen (1970) propusieron fórmulas de valoración de manera general. Sin embargo, estas fórmulas eran incompletas dado que consideraron uno o más parámetros de forma arbitraria. Puede ejemplificarse con la fórmula utilizada por Sprenkle para valuar una opción (Black y Scholes, 1973, p. 639).

$$kxN(b_1) - k^* cN(b_2)$$

$$b_1 = \frac{ln\, kx/c + \frac{1}{2}v^2\,(t^* - t\,)}{v\sqrt{(t^* - t)}}$$

$$b_2 = \frac{ln\, kx/c - \frac{1}{2}v^2\,(t^* - t\,)}{v\sqrt{(t^* - t)}}$$

Donde:

x = Precio de las acciones.

c = Precio del ejercicio.

t^* = Fecha de vencimiento.

t = Fecha actual.

v^2 = Tasa de variación de la rentabilidad de las acciones.

ln = Logaritmo natural.

$N(b)$ = Función acumulativa de densidad normal.

Se puede distinguir que Sprenkle utiliza dos parámetros desconocidos k y k^*, donde k es igual al cociente del valor esperado del precio de la acción y k^* el factor de descuento que depende del riesgo de la acción. Intenta estimar empíricamente los valores de k y k^*, lo cual se considera como insuficiente para su aplicación en la determinación del valor de una opción.

Samuelson (1965) utiliza las variables *Alpha y Beta* para la determinación del precio de una opción; el modelo permite establecer los precios de las acciones en el mercado de capitales, pero no es útil para determinar el precio de una opción. Posteriormente, de manera conjunta con Merton (1969), ambos establecen que el valor de una opción está en función del precio de la acción, lo que permitió dar un paso en la teoría para la determinación del precio de las opciones.

Thorp y Kassouf (1967) establecieron la fórmula para la aplicación empírica en donde el precio de la opción se ajusta a la curva de los precios de las acciones. Esta fórmula permitió que se determinara el rendimiento del valor subyacente de una opción necesaria para la

posición de cobertura de una opción, el rendimiento en una posición de cobertura se espera que sea igual al rendimiento de un activo sin riesgo, dándose una condición de equilibrio.

La fórmula para la valuación de opciones fue desarrollada en una "condición ideal" en el mercado para el valor subyacente y para la opción, con los siguientes supuestos (Black y Scholes, 1973, p. 640):

- La tasa libre de riesgo de corto plazo es conocida y es constante durante la vida de la opción.
- El precio del valor subyacente se comporta de acuerdo con una caminata aleatoria en tiempo continuo y la distribución de posibles valores de dicho precio es log-normal.
- La varianza de los rendimientos del valor subyacente es constante durante el periodo de la opción.
- No se considera el pago de dividendos, si el valor subyacente es una opción o el pago de intereses de dicho subyacente es un bono.
- La opción es "europea", es decir, sólo es ejercida al vencimiento de la opción.
- Es posible pedir prestada una parte del valor subyacente para comprarlo o mantenerlo a una tasa de interés libre de riesgo de corto plazo.
- No hay costo de transacción en la compra o venta del subyacente en la opción.

Las pruebas empíricas indican que los precios actuales de las opciones que son compradas y vendidas pueden ser diferentes al valor predicho por la fórmula. La diferencia entre el precio pagado por una opción y el valor dado por la fórmula es mayor para opciones en acciones con bajo riesgo, que en acciones con alto riesgo. El mercado parece subestimar el efecto de los diferentes tipos de variación en el valor de una opción, dada la magnitud de los costos de transacción. Según la fórmula de Black-Scholes, el valor de una opción es dado por la

diferencia entre la cotización anticipada de la acción y el costo esperado si se ejerce la opción. El valor de la opción es mayor cuando:

- Más alta sea la cotización actual de la acción.
- Exista mayor volatilidad de la cotización.
- Mayor sea el tipo de interés.
- Más largo sea el periodo restante para el vencimiento.
- Menor sea el precio de ejercicio de la opción.
- Mayor sea la probabilidad de que se ejerza la opción.

Según Merton, "el equilibrio del mercado no es indispensable para determinar el valor de una opción; lo único que se necesita es que no haya ocasiones de arbitraje" (Merton, 1998, p. 327). Con la elaboración de la fórmula de la fijación del precio de las opciones, se resolvió un problema que se había planteado más de setenta años atrás. El aporte fundamental radica en el alcance teórico y práctico de su método de análisis que ha sido empleado en muchos otros problemas económicos. Con ella se establecieron los fundamentos de una teoría unificada para la determinación de todos los recursos de la empresa (ver anexo 4).

Fischer Black y Myron Scholes desarrollaron el modelo matemático que lleva sus apellidos en un artículo publicado en 1973. Después, Merton, junto con Scholes, lo mejoraron para una mayor aplicación en la determinación de precios (*put*) a la venta y a la compra (*call*), para las acciones, dividendos y en el mercado europeo. Por este trabajo, recibieron el premio Nobel de economía en 1997. El modelo es el siguiente, donde:

$$C = SN(d_i) - Ke^{-rT}N(d_z)$$

$$d_i = \frac{ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_z = d_i - \sigma\sqrt{T}$$

Definiendo:

C = Opción de compra.

S = Valor del bien subyacente.

K = Precio del ejercicio.

r = Tasa libre de riesgo.

T = Periodo de la opción.

σ = Volatilidad del bien subyacente.

$N(d_i)$ y $N(d_z)$ = Valores que corresponden a la curva de distribución normal acumulada (el área bajo la curva).

e = Base del logaritmo neperiano (2.7182).

ln = Logaritmo neperiano.

El modelo Merton es una generalización del modelo Black-Scholes, para poder valorar opciones europeas sobre acciones que pagan dividendos, cuyo rendimiento anual es *q* (Hull, 2009, p. 302).

$$C = S_0 e^{-qT} N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$
$$P = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 e^{-qT} N(-d_1)$$

Puesto que,

$$ln = \frac{S_0 e^{-qT}}{\mathrm{K}} = ln \frac{S_0}{K} - qT$$

Se deduce que d_1 y d_2 se obtienen por medio de:

$$d_1 = \frac{ln(S_0/K) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{ln(S_0/K) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sqrt{T}$$

Definiendo:

S_0 = Valor del bien subyacente (índice S&P 500).

K = Precio del ejercicio.

r = Tasa de interés libre de riesgo.

T = Periodo de la opción.

q = Rendimiento de dividendo promedio anualizado sobre el índice durante la vida de la opción.

σ = Volatilidad del índice.

C = Opción de compra.

P = Opción de venta.

e = Base del logaritmo neperiano (2.7182).

ln = Logaritmo neperiano.

$N(d_1)$ y $N(d_2)$ = Valores que corresponden a la curva de distribución normal acumulada (el área bajo la curva).

2.3.4.2 Modelo de Garman-Kohlhagen

Modelo utilizado para fijación del valor de opciones para divisas, desarrollado por Garman-Kohlhagen (1983), es también una modificación del modelo Black-Scholes. En la fórmula consideran el tipo de interés de la divisa como una variable adicional, por lo cual el valor teórico de una *call* europea sobre divisas estará en función de seis variables (De Lara, 2008, p. 123).

$$C = Se^{-Rt}\,N(d_1) - Ke^{-rt}\,N(d_2)$$

$$P = Ke^{-rt}\,N(-d_2) - Se^{-Rt}\,N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{ln\left(\frac{S}{K}\right) + (r - R + 0.5\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Donde:

C = Valor de opción *call (compra).*

P = Valor de la opción put (venta).

S = Tipo de cambio.

K = Precio del ejercicio.

r = Tasa de interés doméstica.

R = Tasa de interés externa.

σ = Desviación estándar de los rendimientos diarios del tipo de cambio *spot*.

e = Base del logaritmo neperiano (2.7182).

ln = Logaritmo neperiano.

$N(d_1)$ *y* $N(d_2)$ = Área bajo la curva de distribución normal estandarizada.

2.3.4.3 Modelo binomial

El primer algoritmo es propuesto por Cox, Ross y Rubinstein (1979) denominado árbol binomial. La primera característica referente al dominio de solución se encuentra al definir *N* oportunidades del ejercicio en cada una existe un número ascendente de nodos que surgen de las ramas del árbol binomial. A partir del precio *spot* inicial S_0 se construyen los movimientos ascendentes y descendientes en cada nodo por las cantidades *u* y *d* respectivamente, que en general satisfacen $u>1$ y $d<1$. En la siguiente figura, se muestra un esquema con $N=5$ oportunidades de ejercicio que implica 5 nodos finales.

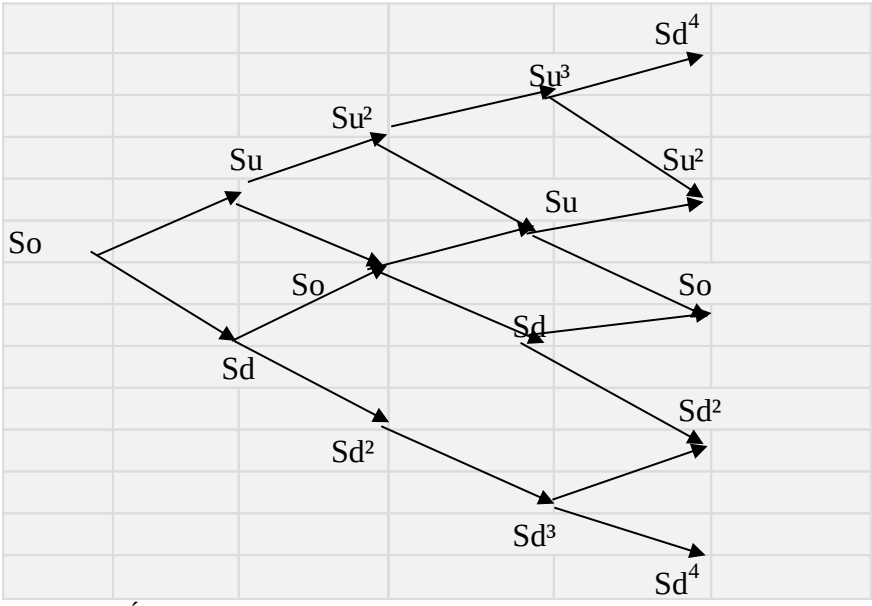


Figura 6. Árbol binomial para una opción americana.
Fuente: elaboración propia con base en Hull y White (1996, p. 15).

Donde a partir del árbol de precios se puede calcular para cada nodo, un valor de estado que representa el valor intrínseco del pago de la opción.

Boyle realiza el análisis de las opciones, es una extensión del enfoque binomial desarrollado por Cox, Ross y Rubinstein (1979) sobre el valor de una opción y un activo. Este enfoque incluye dos variables, para opciones europeas. Sin embargo, no se habían realizado estudios para opciones americanas; por lo que Boyle, propone en su artículo *A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables,* al utilizar un árbol binomial logarítmico, "que la rentabilidad de una opción depende de más de una variable; considerando el caso en que la opción está en función de dos variables subyacentes, aunque es posible que el procedimiento pueda extenderse a situaciones en que el número de variables sea mayor" (1988, p. 2).

Los estudios realizado por Ho-Lee (1986), para la determinación del riesgo de las tasas de interés, constituyen el primer modelo binomial estructurado, en donde los precios de un bono tasa cero son los mismos que los precios del mercado a la fecha de inicio del bono (p. 1019). Se puede decir que el modelo Ho-Lee es equivalente al modelo Cox-Ross-Rubinstein (1979).

La notación básica de los supuestos del modelo Ho-Lee (Leippold y Wiener, 1999, p. 1):

- Determina que no existen variaciones en el mercado.
- No considera los costos de transación.
- No considera los pagos de impuestos.
- Establece que los bienes son perfectamente divisibles.
- Contiene P (i, t, T) que es el precio del bono cupón cero.
- La fecha de pago al vencimiento $1.00.

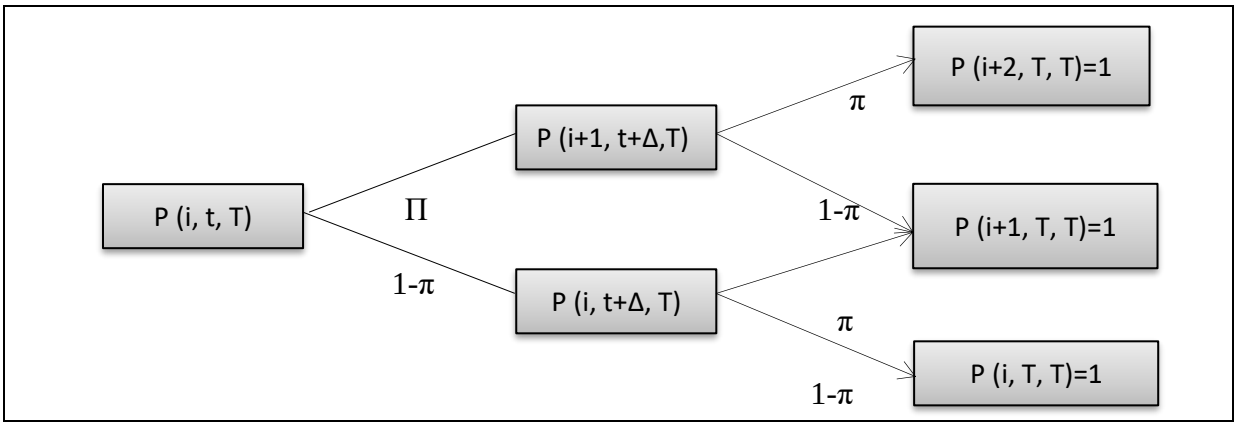


Figura 7. Arbol binomial de dos saltos.
Fuente: (Leippold y Wiener, 1999, p. 2).

En la figura 7, se describe la notación para dos periodos o saltos de la gráfica binomial propuesta en el algoritmo de Ho-Lee. Para proyectar y modelar la estructura de las tasas de interés a corto plazo (*r*) se sigue el procedimiento propuesto por Ho-Lee, expresado en la siguiente fórmula:

$$dr = \theta(t)dt + \sigma dz$$

Donde:

dr = Diferencial o cambio de la tasa corta en un periodo de tiempo dt.

dz = Movimiento geométrico Browniano o de Wiener.

dt = Diferencial o cambio del tiempo.

r = Tasa corta.

t = Tiempo.

De acuerdo con el modelo, el cambio en la tasa de interés a corto plazo (*r*) sigue el siguiente proceso:

$$r_{t+1} = r_1 + \mu_{t+1} + \epsilon_{t+1}$$

$$\begin{cases} \varepsilon_{t+1} + \sigma \; con \; probabilidad \; de \; 0.5 \\ \sigma \; con \; probabilidad \; de \; 0.5 \end{cases}$$

Donde:

$\mu(r,t)$ = Tendencia o "*drift*" de la tasa corta.

$_(r,t)$ = Volatilidad del cambio de la tasa corta.

En la ecuación los elementos $\mu(r,t)$ y $_(r,t)$ son expresiones generales, que en el caso de que tomen cierta forma funcional (desde una constante hasta una ecuación estocástica independiente) dan origen a los distintos modelos de tasa corta. Cabe señalar la importancia que los paramentros para tasas cortas suelen estimarce a través de diversas tecnicas; que van desde regresiones simples, mínimos cuadrados o métodos generalizados de momentos. Sin embargo, cualquier método que sea utilizado, la estimación se realiza sobre la historia observada de la tasa corta.

2.3.4.4 Modelo Hull-White

La volatilidad del activo subyacente es uno de los parámetros más difíciles de estimar, en cualquier modelo de evaluación de opciones; históricamente se puede establecer que la aplicación del modelo Black-Scholes, ha permitido determinar el precio de una opción en el mercado de derivados. Mientras que las primeras pruebas del modelo Black-Scholes para el precio de una opción consideran los precios históricos de las estimaciones de volatilidad; las técnicas para la determinación de la volatilidad de Latané y Rendleman (1976) se han convertido en el método estándar de estimación. Beckers (1981) subraya que la volatilidad calculada desde el modelo de varianza estacionaria puede ser usada en la práctica, pero es

inconsistente utilizar en el modelo Black-Scholes una varianza constante para obtener estimaciones de las variaciones estacionarias.

El trabajo realizado por Hull-White (1987) y Johnson-Shanno (1987) ha sido orientado a solucionar el problema de la fijación de precio para una opción de compra europea con volatilidad estocástica; ellos proponen una solución estandarizada para el caso de que la varianza y el precio de las acciones no estén correlacionados. Cuando la volatilidad en el mercado es baja, la varianza y la correlación son menores; para casos más en general, proponen la utilización de la simulación del modelo Monte Carlo para estimar el precio de las opciones (Finucane, 1989, p. 527); aunque éste tiene limitaciones para su aplicación, dado que requiere más tiempo y mayor complejidad. En la siguiente fórmula se determina el modelo estocástico propuesto por Hull-White, el cual considera los siguientes procesos estocásticos para el precio del activo S y su varianza $V = \sigma^2$ (1987, p. 282):

$$dS = \emptyset S\, dt + \sigma S\, dw$$

$$dV = \mu V\, dt + \xi V\, dz$$

Donde $\emptyset$ es un parámetro que puede depender de $S, \sigma\ y\ t$. Las variables $\mu\ y\ \xi$ pueden depender de $\sigma\ y\ t$, pero se supone que no dependen de S. Los procesos dw y dz son procesos Wiener, con coeficiente de correlación p. Hull/White obtienen el valor de una opción simplemente descontando su valor terminal esperado a la tasa de interés sin riesgo; el cual expresa que el precio de la opción es la media del precio Black-Scholes, evaluada sobre la distribución condicional de la varianza media. Además, presenta la característica de que, igual que el modelo Black-Scholes, es neutral al riesgo, por lo que el uso de esta solución es válido para cualquier función de utilidad respecto al riesgo que se considere para el inversor. Por lo tanto:

- Se expresa que la volatilidad no está correlacionada con el precio del activo subyacente.
- Existe una dependencia intertemporal en la volatilidad.
- La principal desventaja es que es difícil de estimar por su máxima verosimilitud.

En la aplicación de opciones americanas de tipo de cambio, para el control de forma eficiente del riesgo cambiario en un mercado, asume la siguiente fórmula:

$$dS = \mu S dt + \sqrt{V} S dz_1$$

$$dV = \xi V dz_2$$

Donde; V $(=\sigma^2)$ está representa por la varianza, $dS/S, \xi^2$ por la varianza de dV/V, y dz_1 y dz_2 se correlacionan en el proceso de Wiener (Hull y White, 1988, p. 249).

2.3.4.5 El Valor en riesgo (VaR)

La metodología del valor en riesgo, promovida y difundida por J. P. Morgan en 1994, se emplea para cuantificar la exposición al riesgo del mercado por medio de estadísticas tradicionales (De Lara, 2008, p. 59). Se puede decir que ha sido, en los últimos años, una herramienta para medir el riesgo, utilizada por los académicos y en el campo de las finanzas.

De acuerdo a otro autor, "el VaR resume la pérdida máxima esperada o pérdida a lo largo de un horizonte de tiempo objetivo dentro de un intervalo de confianza" (Jorion 1996, p. 47). En

los años ochenta es utilizado por las principales firmas internacionales para medir el riesgo en sus portafolios financieros. En 1995, *The Securities and Exchange Commission* de Estados Unidos lo permitió como medida para calcular los requerimientos de capital y establecer coberturas de riesgos de los mercados financieros.

La razón por la que adquirió gran reputación es por la sencillez de su concepto, la manera de interpretación y estimación de la máxima pérdida posible en un horizonte de tiempo y a un determinado nivel de significancia, bajo circunstancias consideradas como "normales" en el mercado. Autores como Beder (1995, p. 12) y De Lara (2008, p. 59) consideran el valor en riesgo (VaR) como una medida que tiene limitaciones, cuando el mercado se encuentra en crisis o turbulencia, la cual se puede corregir con otros métodos de estrés o valores extremos.

El VaR como medida aceptada por las instituciones financieras y no financieras, ante la alta volatilidad existente, ya sea en términos de precios, tipos de interés o tipos de cambio, provoca situaciones difíciles o desastrosas para las entidades que operan en dichos mercados. El valor en riesgo no es un concepto que emane de la nada, pues surge de la aplicación de los principios de la Teoría de Carteras a la administración del riesgo y valoración de una posición de mercado. Un portafolio de inversión será eficiente en la medida que se maximice el rendimiento para un determinado nivel de riesgo o se logre minimizar el riesgo para un nivel dado de rentabilidad.

El VaR busca medir la relación entre rentabilidad y riesgo para obtener la cartera eficiente, con base en los conceptos introducidos por Markowitz (1959) y Sharpe (1964), y se basa en datos estadísticos constantemente actualizados. El VaR de una cartera es la mínima pérdida esperada para un horizonte temporal y nivel de confianza determinados, medido en una

moneda de referencia específica (Garman y Blanco, 1998, p. 7). Para lo cual se requiere el establecimiento de una serie de parámetros:

- Un intervalo o nivel de confianza asociado al cálculo.
- Un plazo, o unidad de tiempo, al cual va referida la estimación.
- Una moneda de referencia.
- Una hipótesis sobre la distribución de la variable analizada. En general, el supuesto más utilizado es el de normalidad, que permite representar todas las observaciones mediante la conocida campana de *Gauss* y aplicar sus propiedades estadísticas.
- Una metodología de estimación.

El concepto de VaR, se presenta en el peor escenario para un activo o portafolio dadas las condiciones normales del mercado, en un horizonte de tiempo determinado y un nivel de confianza, es cuando se puede perder con una probabilidad ($1- \alpha$). Para especificar lo siguiente, que no se perderá x cantidad de pesos en los próximos N días, se considera que la variable tiempo tiene gran significado en este modelo, dado que se puede determinar el riesgo a corto o largo plazo, esto generará diferentes resultados, los cuales pueden afectar al modelo (ver anexo 5).

Otro elemento a considerar es el nivel de confianza establecido dependiendo de las necesidades de quien determine el riesgo. Para lo cual se muestra el siguiente ejemplo: un millón tiene un 99 % de nivel de confianza, es decir, que sólo se tiene, de cada 100, 1 de pérdida diaria de VaR. ¿Cuánto se podrá perder con una probabilidad ($1-\alpha$) en los próximos días? El resultado arroja que un portafolio tiene un valor de corte de un 99 % de confianza, que está dada en el punto $VaR = (V_0 - V_c)$. En términos estadísticos, este resultado corresponde al α *-ésimo cuantil*(q) α de la función de distribución de pérdidas y ganancias del

activo. Es decir, el VaR es el menos malo de los $(1-\alpha)$ 100 % peores, de 10 casos de la distribución de pérdidas y ganancias; en la figura 8, se puede apreciar gráficamente la distribución normal del VaR.

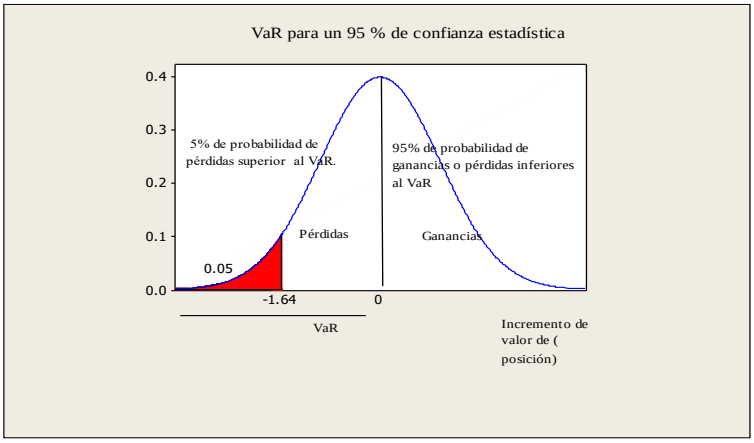


Figura 8. Distribución normal del VaR.
Fuente: elaboración propia.

Existen diferentes metodologías para calcular el VaR de forma paramétrica, el caso más simple resulta cuando se asume que la distribución de pérdidas y ganancias es normal (ver anexo 6). En el caso de una variable aleatoria con distribución normal, su función de distribución puede ser descrita por sus dos primeros momentos. Sin embargo, para otras distribuciones los momentos de órdenes mayores, y en particular los asociados al coeficiente de asimetría y de curtosis, pueden ser importantes para determinar las características estocásticas de las series y, por consiguiente, para el cálculo del VaR asumiendo normalidad, en consecuencia, el VaR por normalidad subestima el riesgo en casos donde la distribución de pérdidas y ganancias presenta colas pesadas.

2.4 Lógica difusa o teoría *fuzzy*

Los problemas financieros del mundo real pueden ser demasiado complejos para ser considerados en un modelo formal, esto se hace más palpable en el ámbito de la economía de negocios donde la mayoría de los empresarios toman sus decisiones basados en esquemas no "cuantitativos" o "subjetivos" y consideran el conocimiento que tienen del fenómeno. En este sentido, las investigaciones llevadas a cabo en este ámbito sugieren modelos que permitan capturar estos esquemas y sistemas de razonamiento experto, que puedan ser aplicados con éxito en la toma de decisiones.

Precisamente, dándole validez a esta concepción, se presenta la lógica difusa, en la cual se utilizan conceptos relativos de la realidad, definiendo grados, variables de pertenencia y siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano. Los sistemas de lógica difusa permiten abordar el problema de decisión en un sentido riguroso y a la vez admiten el tratamiento de la incertidumbre y la vaguedad.

Con la lógica difusa se abre la posibilidad de dar solución a problemas expresados desde la perspectiva humana y que, por esta simple condición, no pueden tener una solución única desde lo "falso" o "verdadero" sino que pueden tomar condiciones intermedias para dar soluciones satisfactorias a los problemas presentados. Por estas razones, la lógica difusa abre actualmente un campo de amplia investigación en temas relacionados con las ciencias sociales como la administración, la economía, la sociología, la psicología, entre otras.

El desarrollo de la aplicación de tecnologías como la lógica difusa, las redes neuronales, los sistemas expertos y los algoritmos genéticos en la solución de problemas industriales,

económicos y financieros, ha producido un sinnúmero de cambios en las organizaciones, las cuales pueden contar actualmente con una diversidad de modelos que controlan diferentes tipos de información y por lo tanto ser más flexibles que los modelos basados en la lógica formal. Los retos del cambio tecnológico obligan a las organizaciones a estar en una constante revisión de paradigmas, de tal manera que les permita mantener su competitividad y su consolidación en el mercado.

El aporte de nuevas ideas y corrientes de pensamiento basadas en la inteligencia artificial, provocan una nueva perspectiva del conocimiento en todos los campos, de manera particular en la lógica difusa, como una herramienta que permite la modelación para evaluar las variables que son difíciles de explicar, en la toma de decisiones en el campo de los negocios, en particular por los administradores del riesgo. Al realizar la combinación optima de inversión, se obtiene una mezcla distinta dentro de los procesos financieros, que desde la óptica actual no han sido considerados por ser subjetiva su aplicación, sin embargo, permite una mayor certeza en la toma de decisiones, al establecer juicios lingüísticos tomando en cuenta la experiencia de los expertos.

2.4.1 Antecedentes

Desde la antigüedad los filósofos griegos se han cuestionado la efectividad de la dicotomía falso o cierto, según Aristóteles (384–322 a. C.), las proposiciones, sean positivas o negativas, son por necesidad verdaderas o falsas; y de las proposiciones, que se oponen contradictoriamente debe ser una verdadera y una falsa. Es al filósofo Crisipo de Soli (208 a. C.) a quien se le atribuye la formulación del "principio del tercio excluso" (una proposición es verdadera o es falsa). Fue hasta 1910, cuando Jan Lukasiewicz estableció que no existen proposiciones que no son verdaderas ni falsas, sino indeterminadas; lo que permitió enunciar el principio de valencia, cada proposición tiene un valor de verdad, originando así los fundamentos de las lógicas multivariables.

Russell (1923), escribió que "todo concepto es vago en un grado del que no somos conscientes hasta que intentamos precisar dicho concepto" (p. 87), con lo cual, el autor pretendía representar el concepto de vaguedad; o la forma como los objetos se transforman continuamente pasando de *A* a no *A*, siendo duramente la mayor parte del tiempo de existencia una mezcla de ambas cosas. El filósofo cuántico Max Black (1937) estableció la primera definición de conjunto difuso mediante una curva de pertenencia, mucho antes que Lotfi A. Zadeh definiera los conjuntos difusos como "un conjunto sin un límite definido; la transición entre pertenecer a un conjunto y no pertenecer a un conjunto es gradualmente suave, caracterizada por una función de pertenencia" (1965, p. 341). Asimismo, establece que "los conjuntos definidos de forma imprecisa desempeñan un papel importante en el pensamiento humano, particularmente en los dominios del reconocimiento de patrones, de la comunicación, de la información y de la abstracción" (1965, p. 338). En la siguiente tabla, se hace mención de la evolución del pensamiento difuso.

Tabla 5. Evolución de la lógica difusa

AUTOR	APORTACIONES
500 a.C.	Aristóteles consideraba que existían ciertos grados de veracidad y falsedad. Platón había trabajado con grados de pertenencia.
S. XVIII	George Berkeley y David Hume describieron que el núcleo de un concepto atrae conceptos similares. Hume creía en la lógica del sentido común, en el razonamiento basado en el conocimiento que la gente adquiere de una forma ordinaria gracias a sus vivencias en el mundo.
S. XVIII	Immanuel Kant pensaba que únicamente los matemáticos podían proveer definiciones claras y que por lo tanto, muchos principios contradictorios no tenían solución. Por ejemplo la materia podía ser dividida infinitamente y al mismo tiempo no podía ser dividida infinitamente.
S. XIX	Charles Sanders Peirce, fue el primero en considerar "vaguedades", más que falso o verdadero, como forma de acercamiento al mundo y al razonamiento humano.
Siglo XX	La idea de que la lógica produce contradicciones fue popularizada por el filósofo y matemático británico Bertrand Russell, quien estudió las vaguedades del lenguaje y llegó a la conclusión que la vaguedad es un grado.
Principios Siglo XX	Ludwig Wittgenstein, filósofo austriaco, estudió las diferentes acepciones de una misma palabra porque generan vaguedad.
1920	La primera lógica de vaguedades fue desarrollada en 1920 por el filósofo Jan Lukasiewicz, quien visualizó los conjuntos con un posible grado de pertenencia con valores de 0 y 1, después los extendió a un número infinito de valores entre 0 y 1.
1927	Werner Heisenberg postula el principio de incertidumbre. Donde se establece que la posición y el momento de una partícula (por ejemplo, un electrón), no pueden calcularse simultáneamente con precisión y los cálculos fluctúan en torno a valores medios. Estas fluctuaciones reflejan la incertidumbre en la determinación de la posición y el momento.
1937	Se publica la teoría de los conjuntos vagos de Max Black, donde aplicó la lógica multivaluada a listas de conjuntos, dando lugar a los primeros bosquejos de curvas de pertenencia.

1965	Lotfi A. Zadeh publica el ensayo "*Fuzzy Sets*", donde se establecen las bases de la lógica difusa.
1972	Arnold Kaufmann publicó el primer libro sobre matemática borrosa, donde incluye las grandes posibilidades de los razonamientos del artículo de Zadeh para el estudio de las ciencias sociales.
1986	Bart Kosko formuló el "teorema de entropía borrosa, el cual sirve para medir la borrosidad de un subconjunto borroso".
1996	Gil-Aluja, enunció el "principio de simultaneidad gradual" según el cual "toda proposición puede ser a la vez verdadera y falsa, a condición de asignar un grado a su verdad y un grado a su falsedad" este principio sirve para demostrar que los seres humanos son seres perceptivos que emiten impulsos neuronales que escapan del mecanicismo de la razón pura, lo que los convierte en tomadores de decisiones "racionalmente matizadas".

Fuente: elaboración propia.

2.4.2 Teoría de los conjuntos difusos

La lógica difusa se puede explicar como un sistema de inferencia difuso, o como un sistema que modela funciones no lineales teniendo unas variables lingüísticas de entrada, las cuales convierte en variables de salida mediante la lógica difusa. Las bases de la lógica difusa están fundamentadas en los conjuntos difusos y en las reglas de la forma "Si, entonces" tomando los valores lingüísticos como premisa; los cuales están definidos por conjuntos difusos, es así como las reglas siempre convierten un conjunto difuso en otro. La lógica difusa o lógica borrosa es básicamente una lógica con múltiples valores, en donde se definen éstos en las áreas oscuras; al contrario de las evaluaciones convencionales de la lógica precisa: si/no, cierto/falso, blanco/negro, etcétera. Con la lógica difusa las proposiciones pueden ser representadas con grados de certeza o falsedad; es decir, puede ser una herramienta atractiva

para el manejo de la incertidumbre, dado que los elementos claves del pensamiento no son numéricos sino que son ideas con cierto grado de vaguedad, donde los elementos pasan de un conjunto a otro de manera suave y flexible.

La teoría de los conjuntos difusos es una extensión de la teoría de juegos, introducida por el profesor Zadeh en1965 para modelar la vaguedad y ambigüedad en un sistema complejo. La idea de un conjunto difuso es sencilla y natural. Por ejemplo, se puede establecer un conjunto de niveles entre el gris y oscuro, que comparten la propiedad.

La noción de un conjunto difuso se asemeja en varios aspectos a la de conjuntos ordinarios, pero es más general que la segunda; y puede llegar a tener un alcance mucho más amplio de aplicación, en particular, proporciona una forma natural de hacer frente a problemas en los que la fuente de imprecisión es la ausencia de criterios bien definidos de pertenencia a una clase o conjunto. Zadeh define que "un conjunto difuso es una clase de objetos con un continuo grado de pertenecía" (1965, p. 338). Dicho conjunto es caracterizado por una función de pertenecía, la cual asigna a cada objeto un valor entre 0 y 1; en donde se establece el concepto de verdad parcial, entre valores de verdad: completamente cierto (1) y completamente falso (0).

Un conjunto ordinario se caracteriza porque su función de pertenecía puede tomar sólo dos valores 0 y 1, es decir $f_A(x)=1$ ó 0, según que x pertenezca o no pertenezca a A. De manera contraria, los conjuntos difusos tienen una función de pertenecía continua que toma valores en un intervalo de 0, 1; por lo tanto, cuanto más cerca esté el valor de $f_A(x)$ a la unidad, mayor será el grado de pertenencia de x en A. Los elementos de un conjunto difuso son de naturaleza no estadística, aunque es importante mencionar que la función de pertenencia de éstos tienen

cierta similitud con una función de probabilidad, cuando X es un conjunto numerable, sin embargo, hay diferencias esenciales que se hacen más claras cuando las reglas de combinación de funciones y sus propiedades básicas se han establecido (Zadeh, 1965). No existen reglas generales o un método de construcción de reglas difusas, por lo que, éstas son establecidas por cada diseñador (investigador); sin embargo, las reglas deben de cumplir con las propiedades de intersección y unión.

En la teoría clásica de conjuntos, se tiene que determinar un umbral, por ejemplo en nivel gris representado por 100, todos los niveles del color gris están representados entre 0 y 100 que son en su conjunto un elemento, ver figura 9; los otros elementos no pertenecen al conjunto, se puede observar en la imagen a la izquierda que la obscuridad es cuestión de grado. Por lo tanto, un conjunto difuso puede modelar esta propiedad mucho mejor. Para definir esta serie, se identificarían dos umbrales para niveles de grises 50 y 150. Todos los niveles en color gris menor de 50 representan el conjunto de esta propiedad y los niveles mayores de 150 no son parte del conjunto de nivel gris y, los niveles entre 50 y 150 están parcialmente formando parte del conjunto.

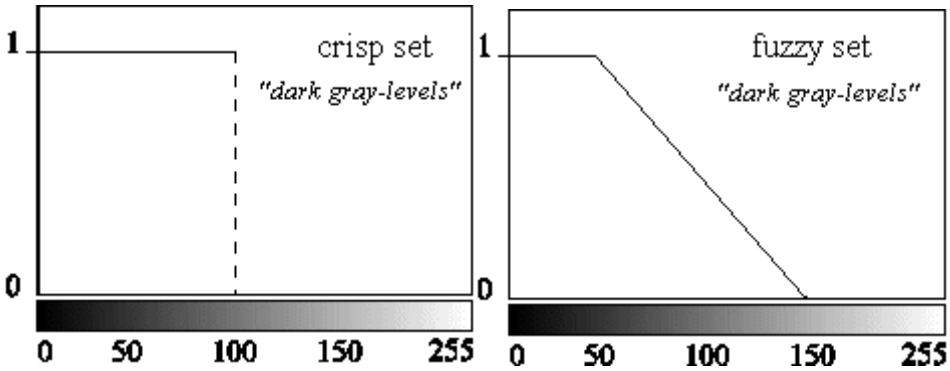


Figura 9. Representación gráfica de niveles “gris-oscuro” con un conjunto difuso.
Fuente: Tizhoosh, (1997).

Los estudiosos de la lógica difusa, justifican la utilización de las técnicas difusas para la aplicación en la ciencia, como en el procesamiento de imágenes. En el artículo publicado por Tizhoosh (1997), establece las razones para la aplicación de la lógica difusa; la técnica difusa puede aplicarse para el manejo de la vaguedad y ambigüedad de forma eficiente. La aplicación, por ejemplo, en el procesamiento de imágenes se puede apoyar en expertos que permiten representar y procesar el conocimiento humano en forma *fuzzy*, dado que los datos, resultados, son inciertos. Esta incertidumbre, sin embargo, no siempre se debe a la casualidad, más bien se debe a la ambigüedad y la vaguedad.

Por lo tanto, no se tiene claro en la naturaleza del problema, en dónde cada pixel puede ser más oscuro o más brillante del que está representado, la pregunta es ¿dónde se establece el límite entre los dos segmentos de la imagen? Por lo que es un árbol de combinaciones del problema en el análisis, esta pregunta o preguntas similares son un ejemplo de situaciones en un enfoque difuso que sigue un camino hacia la imperfección. Como ejemplo, se puede observar el color variable como un conjunto difuso, el cual puede ser descrito con los subconjuntos amarillo, naranja, rojo, violeta y azul.

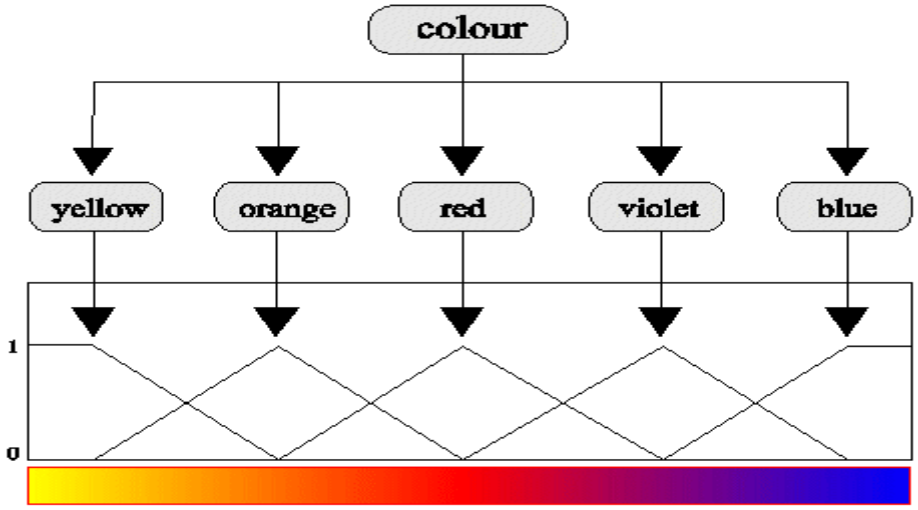


Figura 10. Representación de los colores como subconjuntos difusos.
Fuente:http://pami.uwaterloo.ca/tizhoosh/why.htm

Medina y Manco (2007, p. 105) consideran que es importante, para el desarrollo de un sistema difuso, tener en cuenta lo siguiente:

- Identificación de variables de entrada y salida.
- Determinación de conjuntos difusos.
- Selección de método para agregación y desborrosificación o concreción.
- Creación de base de conocimiento utilizando reglas del tipo Si-Entonces.
- Diseño de mecanismo de inferencia.
- Evaluación y uso del sistema.

Una forma general de representación de un modelo de lógica difusa se presenta en la siguiente figura:

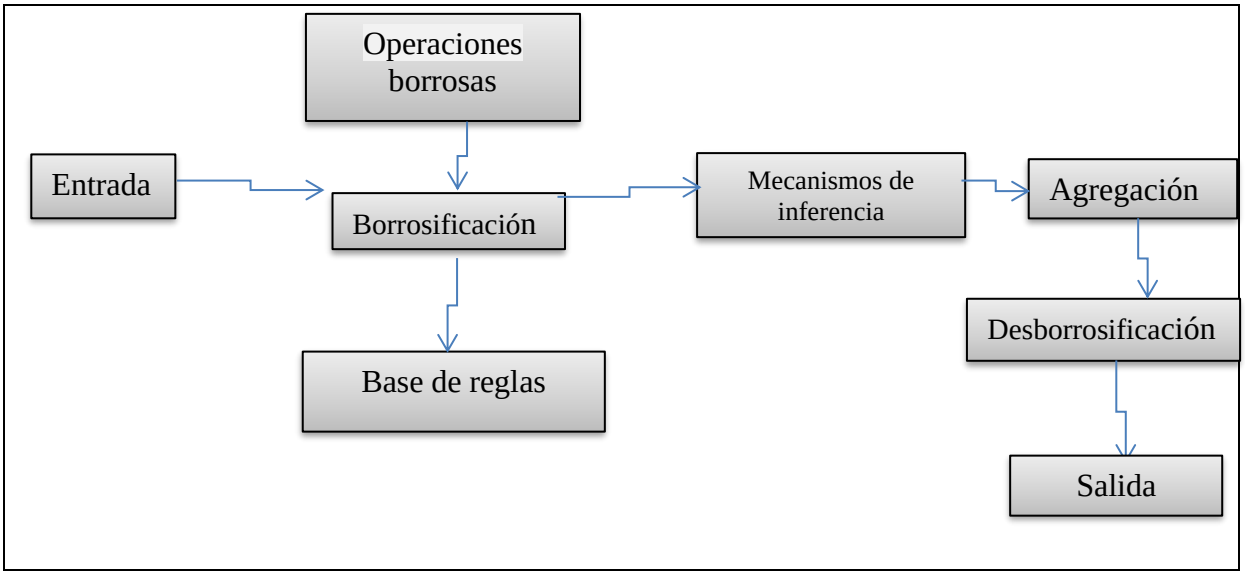


Figura 11. Representación de un modelo de lógica difusa.
Fuente: elaboración propia.

2.4.2.1 Operaciones elementales con conjuntos difusos

Las definiciones en los conjuntos difusos son ramificaciones claras correspondientes a los conjuntos ordinarios, Zadeh (1965, p. 340) menciona las siguientes:

1. Un conjunto difuso es vacío si y sólo si su función de pertenencia es idénticamente cero en *X*.

2. Dos conjuntos difusos *A* y *B* son iguales, si y sólo si $f_A(x) = f_B(x)$ para todo *x* en *X*, ($f_A = f_B$).

3. El complemento de un conjunto difuso *A* es expresado como *A´ y* es definido por: $f_{A'} = 1 - f_A$.

4. Contención, *A* está contenido en *B* (o equivalentemente, *A* es un subconjunto de *B*, o *A* sea inferior o igual a *B*) si y sólo si $f_A \leq f_B$. Igual, en símbolos $A\ C\ B \leftrightarrow f_A \leq f_B$.

5. La unión de dos conjuntos difusos *A* y *B* con una respectiva función de pertenencia $f_A(x)$ y $f_B(x)$ es un conjunto difuso de *C*, escrito como $C = A \cup B$, cuya función de pertenecía se relaciona con las de *A* y *B*, por lo que:

$$f_C(x) = Max[f_A(x), f_B(x)], \qquad x \in X$$

O, en forma abreviada, se puede expresar:

$$f_C = f_A \vee f_B$$

6. La intersección de dos conjuntos difusos *A* y *B* con respectiva función de pertenencia $f_A(x)$ y $f_B(x)$ es un conjunto difuso *C*, escribiéndose como $C = A \cap B$, cuya función de pertenencia está relacionada para *A* y *B* por:

$$f_C(x) = Min[f_A(x), f_B(x)], \qquad x \in X$$

O, en forma abreviada, se expresa:

$$f_C = f_A \wedge f_B$$

2.4.2.2 Números borrosos

En el ámbito de la administración financiera se ha utilizado tradicionalmente la precisión numérica; sin embargo hoy en día, el progreso ha generado que el entorno económico se haya convertido en incierto. Por lo que surge la necesidad, como se menciona, de "construir una teoría de números borrosos que permita una cuantificación de la fenomenología real más acorde con la estructura del pensamiento humano" (Kaufmann y Gil-Aluja, 1986, p. 43).

Los números borrosos se definen como un subconjunto borroso del referencial de los reales, que tiene una función de pertenencia normal; donde debe existir una x, para la que $\mu(x)$ toma el valor uno; y convexa, donde cualquier desplazamiento a la derecha e izquierda de este valor x, $\mu(x)$ va disminuyendo. La teoría de los números borrosos puede considerarse como una ampliación de la teoría de intervalos de confianza cuando se consideran estos intervalos a todos los niveles desde 0 hasta 1, en lugar de considerar un solo nivel.

Un número borroso está formado por una secuencia finita o infinita de intervalos de confianza; con las siguientes características:

- Nivel de presunción, si $\alpha \in (0,1)$.
- Se designa por $A_\alpha = [\, a_1^\alpha, a_2^\alpha \,]$ como el intervalo de confianza del nivel α, el cual debe de cumplir:

$$(\alpha' < \alpha) \rightarrow (A_\alpha \supset A_{\alpha'}), \qquad \alpha, \alpha' \in [0,1]$$

- Sólo un intervalo y sólo uno puede reducirse a un número real único.
- El número borroso es representado por una mayúscula y con un símbolo debajo $(\underset{\sim}{A})$.
- El intervalo de confianza de nivel α es designado como A_α, también conocido *"α-corte de $\underset{\sim}{A}$"*; el cual se escribe de la siguiente manera:

$$\mu_{A\alpha}(x) = 1 \; si \; x \in [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$$

$$= 0 \; x \notin$$

Dentro de los números borrosos, las funciones características más utilizadas por su simplicidad matemática son: triangular, trapezoidal, gaussiana y sigmoidal; existen dos aproximaciones para determinar la función característica, la primera aproximación es con base al conocimiento humano de expertos y la segunda es utilizar una colección de datos para diseñar la función. Por su facilidad de utilización el número borroso triangular (NBT) está determinado por tres cantidades: una por debajo de la cual no va a descenderse, otra en la que por encima no será posible llegar, y aquella que representa el máximo nivel de presunción (Kaufmann y Gil-Aluja, 1987). La función de pertenencia μ es lineal, expresada por tres números (a_1, a_2, a_3) y se representa:

$$\underset{\sim}{A} = (a_1, a_2, a_3)$$

Donde:

$$a_1, a_2, a_3 \in R$$

$$a_1, \leq a_2, \leq a_3$$

La representación gráfica del número borroso triangular (a_1, a_2, a_3) queda reflejada en:

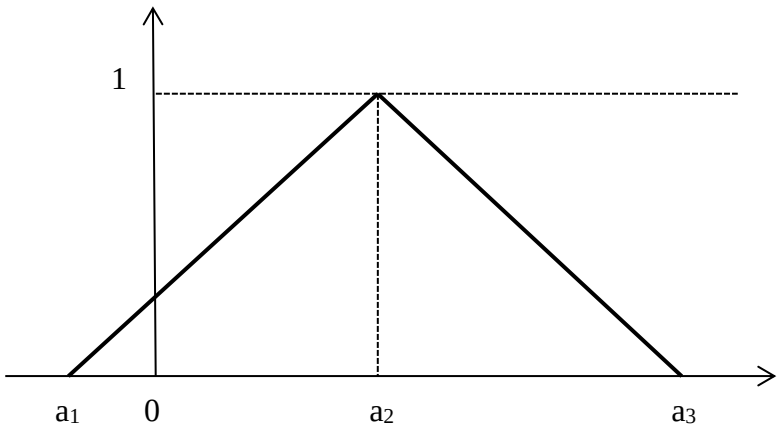


Figura 12. Representación gráfica de un número borroso triangular.
Fuente: Kaufmann y Gil-Aluja, 1987.

Como se observa en la figura 12, los NBT se caracterizan porque su nivel de presunción es igual a 1 para el valor central y es igual a 0 para los niveles del extremo inferior y superior. El nivel de presunción adquiere importancia en las diversas aplicaciones. De acuerdo con Gil-Aluja (2004, p. 90) la función de pertenencia está dada por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0\,; & sí\ x \leq a_1 \\ \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}\,; & sí\ \ a_1 < x \leq a_2 \\ \dfrac{a_3-x}{a_3-a_2}\,; & sí\ \ a_2 < x \leq a_3 \\ 0\,; & sí\ a_3 \leq x \end{cases}$$

La expresión general para los *α-corte*, despejando *x*, en función del nivel de presunción;

$\alpha = \mu_{A\,(x)}$

$\alpha = \frac{x-a_1}{a_2-a_1}$ ⟶ $x = a_1 + \alpha\,(a_2 - a_1)$ → Para el extremo inferior

$\alpha = \frac{a_3-x}{a_3-a_2}$ ⟶ $x = a_3 - \alpha\,(a_3 - a_2)$ → Para el extremo superior

Siendo los *α-corte*:

$$\forall\alpha \in [\,0,1\,]$$

$$A\alpha = [a_1 + \alpha(a_2 - a_1), \qquad a_3 - \alpha(\,a_3 - a_2\,)]$$

Con los NBT se realizan las mismas operaciones que en los números reales ordinarios; como la suma, resta, producto, división, etcétera. Por lo tanto, los NBT permiten determinar de manera fidedigna gran cantidad de situaciones del ente económico en el que se estiman magnitudes localizadas en el futuro; dado lo anterior es importante mencionar que en el ámbito económico y financiero se estudian problemas cuyas magnitudes se proyectan hacia el futuro;

que si bien no exigen una extrema precisión, sí una mayor adaptación posible a la realidad. Como por ejemplo, la estimación de los costos de producción para el siguiente periodo, la estimación de ventas, etcétera, situaciones que aunque no requieren de una exactitud, sí requieren de una buena aproximación a la realidad.

En la actualidad ante un sistema económico incierto, es absolutamente impensable que ciertos tipos de interés pudieran ser iguales año tras año; en un mundo sometido a grandes convulsiones, que hacen que las perspectivas económicas y financieras varíen muy rápidamente, tanto para particulares como para empresas e instituciones. Por esta razón, la estimación de las tasas de interés que se utilizará en la selección de inversiones se ha convertido en uno de los problemas que son más difíciles de resolver.

El tratamiento del problema de la estimación futura de los tipos de interés ha dado un paso importante con la incorporación de la teoría de los números borrosos, y en particular con la utilización de un esquema sencillo como son los NBT. Según Kaufmann y Gil-Aluja (1986, p. 75) el factor de actualización, para la tasa de interés, a través de un NBT en forma de *α-corte* es expresado en el siguiente intervalo de confianza:

$$\left[r_k^{(\alpha)}, s_k^{(\alpha)}\right] = [r + (m - r)\alpha_k, s - (s - m)\alpha_k]$$

$$\alpha \in [0,1]$$

Despejando:

$$\frac{m-r}{x-r} = \frac{1}{\alpha_k}; \quad \text{quedando} \quad x = r + \alpha_k(m - r)$$

$$\frac{s-y}{s-m} = \frac{\alpha_k}{1}; \quad \text{quedando} \quad y = s - \alpha_k(s - m)$$

Lo que permite escribir el tipo de actualización en forma borrosa de la siguiente manera:

$$\frac{1}{1+[r_k^{(\alpha)}, s_k^{(\alpha)}]} = \frac{1}{[1+r_k^{(\alpha)}, 1+s_k^{(\alpha)}]} = \left[\frac{1}{1+s_k^{(\alpha)}}, \frac{1}{1+r_k^{(\alpha)}}\right]$$

2.4.3 La lógica difusa y el modelo Black-Scholes

En la mayoría de los fenómenos que se analizan se puede encontrar un grado de imprecisión, es decir, implícitamente tiene un cierto grado de incertidumbre en la descripción de su naturaleza; esta imprecisión asociada con la forma, posición, textura, color o la semántica en que se describe lo que son; incluso en que un concepto puede establecer diferentes grados de imprecisión en diferentes contextos o tiempo. Tal como se menciona: "el nuevo tratamiento de la incertidumbre, a partir de los conceptos borrosos, ha dado lugar a una distinta manera de pensar que reúne el rigor del razonamiento secuencial con la riqueza de la imaginación inherente en la borrosidad, asociando las posibilidades secuenciales de la máquina a las posibilidades del cerebro humano (Kaufmann y Gil-Aluja, 1986, p. 18).

En la actualidad, existen estudios en el campo de las finanzas de la lógica difusa, como los realizado por Bart Kosko (1986, p. 165), quien formuló el "teorema de entropía borrosa", el cual permite medir la borrosidad de un subconjunto borroso. En 1990 el economista Gil-Aluja propuso el principio de simultaneidad gradual, en el cual toda proposición puede ser a la vez falsa y verdadera, a condición de asignar un grado a su verdad y un grado a su falsedad. Por lo que el factor humano es elemento inherente en la toma de decisiones en las organizaciones

“racionalmente matizadas” dando origen a lo que se denomina matemática borrosa de la incertidumbre y una gama de aplicaciones en la ciencia incluyendo la economía y las finanzas.

Los problemas actuales en el ámbito de la valoración de opciones tienen como característica la incertidumbre. “El modelo Black-Scholes establecido en 1973, siempre ha tenido como piedra angular la valoración de opciones, sin embargo, las aplicaciones genéricas de este modelo son limitadas por su naturaleza de no ser adecuado para el medio ambiente difuso desde la toma de decisiones” (Lee, Tzeng y Wang, 2005, p. 330).

Cuando un inversionista u organización se enfrenta a un problema de valuación de opciones, los resultados de las variables primarias dependen de la estimación del inversor. Esto significa que la deducción de una persona o personas en el proceso de pensamiento corresponde a la lógica no binaria con vaguedad. Por lo que las técnicas que proporcionan las teorías probabilísticas no son lo suficientemente adecuadas para cuantificar dicha vaguedad, hacerlo implicaría aceptar que los hechos vagos son equivalentes a los hechos que suceden al azar. En cambio, la lógica difusa permite formalizar la vaguedad de los fenómenos mediante la asignación de una función característica en la que hay un grado entre la absoluta pertenencia y la no pertenencia. Por lo tanto, mientras la probabilidad se asocia a la aleatoriedad, la función de pertenencia se asocia a la falta de claridad; sin embargo, es importante mencionar que ambos conceptos tienen un punto en común, ya que los dos están incluidos entre cero y uno.

No obstante, el constante cambio en el desarrollo de nuevos modelos financieros ha permitido un mejor análisis, con mayor calidad en la toma de decisiones por parte de los administradores financieros. Tradicionalmente, se puede establecer que existen distintas

técnicas para la evaluación financiera de una inversión como el valor en riesgo (VaR), valor presente neto, tasa interna de rendimiento, razones financieras, entre otros. Sin embargo, estos modelos permiten obtener información, en la interpretación de datos discretos o duros para la toma de decisiones.

Capítulo III. DECISIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Paradigmas de la metodología de la investigación

En la investigación, por el carácter riguroso en la aplicación de forma sistematizada para resolver problemas científicos, y encontrar soluciones viables en el campo de las ciencias administrativas; se hace necesario establecer los enfoques utilizados: cuantitativo, cualitativos o la combinación de ambos. Esta tesis obedece a una investigación cuantitativa, es decir, una investigación que analizará el fenómeno financiero del comportamiento de la volatilidad del tipo de cambio, la tasa de interés doméstica y foránea y las opciones cambiarias del mercado de derivados en el contexto de las organizaciones acuícolas del sur de Sonora.

El paradigma tradicional de la investigación considera los métodos cuantitativos para entender fenómenos financieros, aunque en la actualidad los fenómenos financieros se analizan también desde una perspectiva cualitativa. Sin embargo, no existe una metodología que sea panacea absoluta para la investigación. Kuhn demostró "que los manuales de metodología de la ciencia que hablan del método científico, tienen que ver con la ciencia, con su desarrollo y su progreso real, tanto como los cuentos de Andersen tienen que ver con la realidad cotidiana que enfrentamos con solo levantarnos de nuestra silla" (Kuhn, citado en Brunet y Pastor, 2003, p. 96).

La aplicación del método con base a los mandatos establecidos por los científicos de la ciencias sociales, parte de las creencias teóricas y metodológicas, lo que hace que los paradigmas se conviertan en patrones, modelos o reglas a seguir por los investigadores en un campo de acción determinado; manifestado por el autor anterior "la ciencia normal, se caracteriza por la amplia y común aceptación por la comunidad científica de un paradigma" (Kuhn, citado en Brunet y Pastor, 2003, p. 96).

El positivismo también llamado paradigma cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, ha sido considerado el método dominante en las ciencias sociales, por lo que se realizará el estudio de administración del riesgo cambiario desde este enfoque, considerando las variables que expliquen sus efectos en el problema de investigación del presente estudio. Para ello se realizará la manipulación de las variables, para la experimentación de los modelos actualmente utilizados, como el modelo Black-Scholes y Merton. Esto con la finalidad de establecer y explicar el fenómeno económico financiero y, de ser validos los procedimientos, para la determinación del precio de las opciones en el mercado de derivados, que contrastan con la realidad que registran los mercados financieros.

Los estudios realizados por Simon (1978), premio nobel de economía, establecieron las bases para la aplicación metodológica de la ciencia experimental en economía, considerando la predicción como elemento para la explicación de los fenómenos económicos; en el cual existe un hecho fundamental del quehacer de los hombres en la toma de decisiones, en el día a día, por lo que es parte inherente de la conducta humana, como un proceso racional, que se muestra de manera patente en el comportamiento económico. La importancia es la observación de los modelos generalmente aceptados por los teóricos en el campo de las finanzas, como Black-Scholes, el cual ha tenido distintas modificaciones, para que se capte en

mayor medida el grado de volatilidad de los mercados en la determinación del precio de las opciones. En las teorías económicas, el factor psicológico se considera como un elemento para comprender la relación existente entre la intuición y la toma de decisiones; como lo establece Kanheman: “el razonamiento se hace de manera liberada y con mucho esfuerzo, mientras que el pensamiento intuitivo parece que se presenta de forma espontánea en la mente, sin cálculo de búsqueda consciente y sin esfuerzo” (Kanheman, citado en Brunet y Pastor, 2003, p. 106). La observación superficial y la investigación sistemática indican que la mayor parte de los pensamientos y las acciones son normalmente intuitivas en este sentido.

Finalmente, el enfoque que la vida social hace del paradigma cuantitativo es el de los supuestos mecanicistas y estáticos del método positivista de las ciencias. Por otra parte, el paradigma cualitativo posee un fundamento decididamente humanista para entender la realidad social, percibe la vida social como la creatividad compartida de los individuos y no concibe al mundo como una fuerza exterior objetivamente identificable e independiente del hombre (Cook y Reichardt, 2005, p. 62).

3.2 Estrategia de investigación

En la actualidad, el contexto del quehacer de las ciencias financieras hace necesario elaborar una estrategia de investigación, que permita encaminar la metodología cuantitativa. En este apartado se da a conocer la estrategia que se llevará a cabo durante el proceso de la investigación la cual por la naturaleza del problema entra dentro del método cuantitativo.

3.2.1 Metodología empleada en la investigación

La investigación se aborda desde un enfoque cuantitativo, porque se sitúa en los factores que influyen en la toma de decisiones para establecer estrategias en la administración del riesgo cambiario y se orienta al análisis de datos financieros e indicadores económicos.

3.2.2 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo explicativo, por ser un estudio en el que se analizará el por qué y el cómo de la relación existente entre las variables involucradas en el problema de investigación; Pacheco y Cruz consideran que en este tipo de estudio se "indaga y establece las causas últimas de los eventos y fenómenos físicos o sociales de tal forma que se pueda explicar por qué ocurren, en qué condiciones se dan y por qué dos o más variables están relacionadas, por ejemplo, con dicho fenómeno" (2008, p. 49).

3.3 Investigación de campo

3.3.1 Diseño de la investigación

Por el alcance del estudio, la investigación se guiará en un diseño no experimental, dado que el estudio se fundamenta en el análisis de fenómenos ya existentes, sin modificación de los mismos; como se menciona, que "en la investigación no experimental no es posible manipular

las variables o asignar aleatoriamente a los participantes o tratamientos" (Kerlinger, 2002, p. 420). Este diseño se considera transversal porque la información se recolectará en un periodo determinado; como lo menciona otro autor: "recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único, cuyo propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado" (Hernández, 2003, p. 270).

El estudio se lleva a cabo en dos fases, en la primera se desarrollará el modelo Black-Scholes y lógica *fuzzy* en las variables para determinar el precio de una opción en un periodo de tiempo determinado; la información obtenida permitirá elaborar un análisis para probar la hipótesis del grado de correlación existente entre las variables independientes, contrastando los datos arrojados con los datos reales al cierre en el mercado de derivados de México.

En la segunda fase, es el análisis de los datos para la explicación empírica en donde se va a aceptar o rechazar la hipótesis, cuál es el modelo que pueda captar mejor la realidad de la volatilidad de los mercados financieros, con lo que permitirá establecer estrategias financieras para la administración de riesgo cambiario en las organizaciones acuícolas del sur de Sonora y que será aplicable para cualquier tipo organización en el sector que participe. La aplicación del modelo, una vez probada su factibilidad para las organizaciones, se realizará un estudio para evaluar los resultados financieros que permitan que la dirección tome decisiones para minimizar el riesgo cambiario.

3.3.2 Selección de la muestra

La población objeto de estudio son todas las organizaciones acuícolas que conforma el Despacho de Servicios Profesionales de Asesoría Acuícola, S.C., que se encuentran ubicadas en el sur de Sonora. Con el objeto de conocer la información financiera se aplicó un cuestionario a nivel gerencial (informante clave) en cada una de las unidades de producción acuícola.

Los informantes clave se consideran como pieza fundamental de la investigación, dado que forman parte del grupo de acuicultores que reciben asistencia y asesoría por el Despacho de Servicios Profesionales de Asesoría Acuícola, S.C. Los informantes clave, para efectos de la investigación, ocupan cargos que son relevantes en cuanto a la experiencia que tienen por sus puestos y su visión con respecto a la solución de los problemas del sector acuícola del sur de Sonora. A continuación se señalan los nombres y los cargos respectivos de las personas que fungirán como informantes clave:

Tabla 6. Relación de informante clave

ORGANIZACIÓN	PUESTO INFORMANTE CLAVE
N. C. P .E Antonio Medina Jaquez	Presidente, tesorero, secretario y Consejo de vigilancia, administrador de los grupos (unidades de producción).
N. C. P .E 25 de Octubre	Presidente, tesorero, secretario y Consejo de vigilancia, administrador de los grupos (unidades de producción).
N. C. P .E José María Encinas	Presidente, tesorero, secretario y Consejo de vigilancia, administrador de los grupos (unidades de producción).
N. C. P .E Los Arcos	Presidente, tesorero, secretario y Consejo de vigilancia, administrador de los grupos (unidades de

	producción).
Ejido Gral. Ignacio f. Pesqueira S.P.R de R.I.	Presidente, tesorero, secretario y Consejo de vigilancia, administrador de los grupos (unidades de producción).
Servicios Profesionales de Asesoría Acuícola, S.C.	Administrador único, director técnico y director de finanzas.

Fuente: Despacho Servicios Profesionales de Asesoría Acuícola S.C.

3.3.3 Técnicas de recolección de datos

La principal técnica para recolectar la información financiera será el cuestionario, aplicado a los principales dirigentes en las organizaciones acuícolas, por medio de la técnica Delphi permitirá conocer sus experiencias en las actividades acuícolas, y su información financiera (ventas, costos, etcétera) será vital para la aplicación de la lógica difusa. Se considera el contexto de incertidumbre en que se desarrolla la actividad acuícola, que permitirá captar las experiencias, conocimientos y los medios de que disponen las organizaciones para establecer sus estimaciones personales, para realizar la operación de números borrosos triangulares (NBT), para la determinación del valor presente neto borroso (VPN Borroso) y tasa interna de retorno (TIR Borroso), que permitirá tener una mayor certeza en la evaluación económica y financiera para un proyecto de inversión acuícola de producción de camarón.

Se aplicará la metodología Arima, el método *Winters* y el análisis de tendencias de series de tiempo, para pronosticar el tipo de cambio con cada uno de los enfoques teóricos analizados en la presente investigación (enfoque PPA, Fisher y Monetario Balanza de Pagos) y las variables independientes que se procesaran, por medio del programa *Minitab* para el análisis

de los datos obtenidos de los bancos de datos: Banco de México, SHCP, mercado de derivados de México y Banco Mundial, entre otros.

La utilización de la lógica difusa, mediante los NBT, permitirá captar el grado de incertidumbre presente en los mercado financieros, como se establece: “hoy día en las empresas se plantean problemas que exigen la toma de decisiones en un ambiente en el que los objetivos que se pretenden alcanzar, las limitaciones a que se ven sometidos e incluso las consecuencias para cada una de las alternativas planteadas, aparecen de manera imprecisa” (González, 2001, p. 53).

Una vez realizado el pronóstico para cada una de las variables independientes, se realizará la aplicación de las operaciones difusas, con base en la teoría de subconjuntos difusos para el cálculo matemático, y así determinar los intervalos de confianza como un dato incierto que permite predecir el valor de cierta variable entre dos extremos (ver figura 13). Por ejemplo, se podría establecer que el tipo de cambio peso/dólar americano para el próximo trimestre se situará entre [12.43 - 12.62], por lo que una mejor predicción de un dato concreto, es establecer un intervalo de confianza que de manera más precisa pueda ser determinado en condiciones de incertidumbre de los mercados.

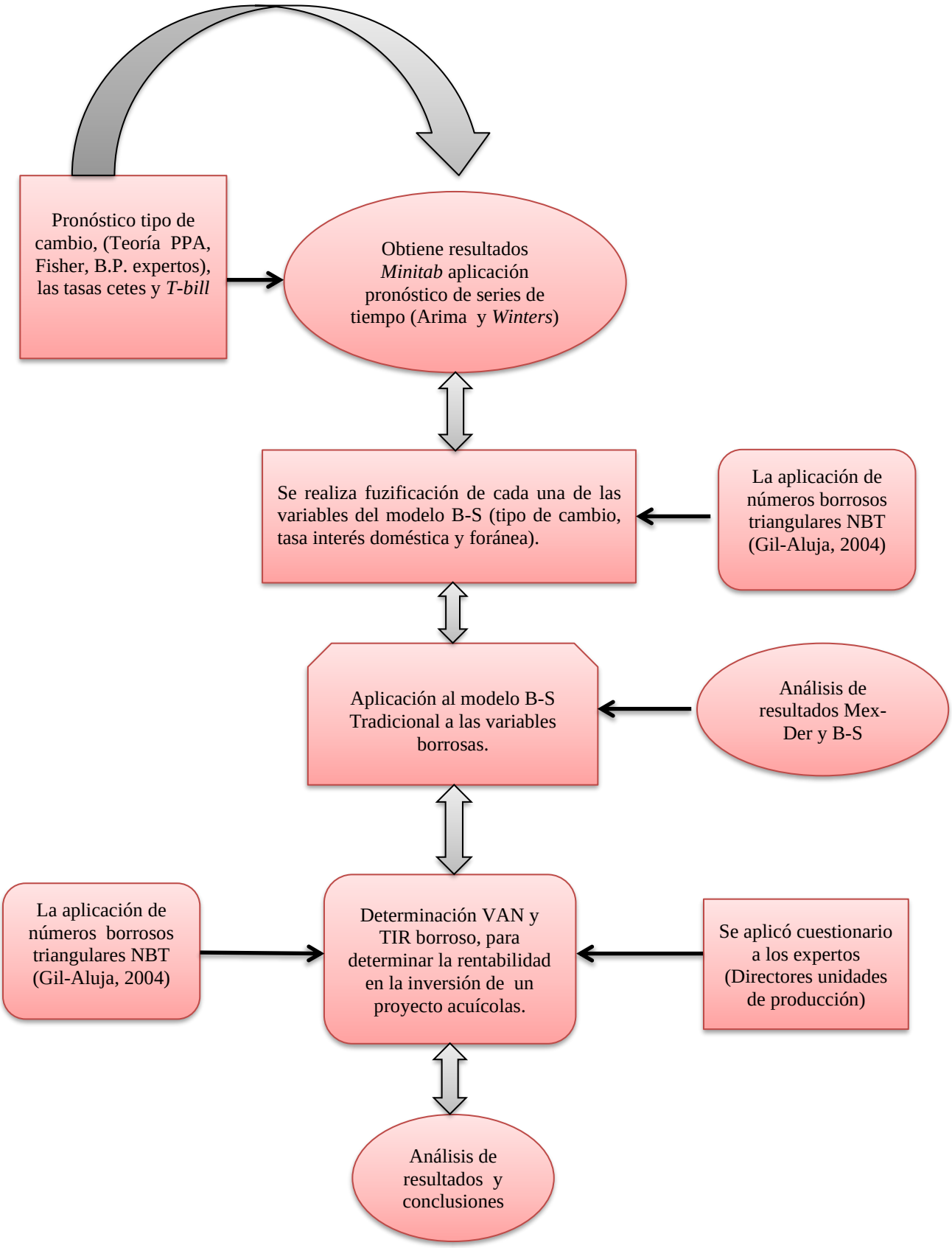


Figura 13. Diagrama de la investigación.
Fuente: elaboración propia.

3.4 Planteamiento estadístico de la hipótesis

La hipótesis nula es que el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables es menor o no hay diferencia con el modelo B-S tradicional.

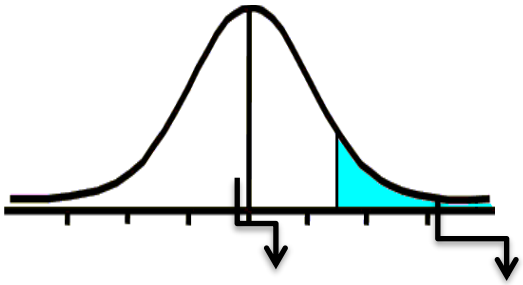
La hipótesis alternativa es que el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables es mayor que el precio calculado en el modelo B-S tradicional.

$$H_0: M_{BSD} \leq M_{BST} \rightarrow M_{BSD} - M_{BST} \leq 0$$

$$H_1: M_{BSD} > M_{BST} \rightarrow M_{BSD} - M_{BST} > 0$$

Para la obtención de las pruebas de nivel de significancia para cada hipótesis, se consideran 0.05, 0.10 y 0.20; para este caso se establece la prueba de una cola y los valores determinados por la tabla *t-student*, los cuales se muestran en la siguiente figura:

$$gl = 8,\ t_{.05} = 1.86,\ t_{.10} = 1.40,\ t_{.20} = 0.890$$



Región de aceptación *Región de rechazo*

Se acepta H_0 sí t_c Є (-∞, 1.86, 1,40, 0.890)

Se rechaza H_1 si t_c Є (1.86, 1.40, 0.890, ∞)

3.4.1 La prueba T-Student

1. **Determinación del valor estadístico de prueba**

Se utiliza la *t-student* como estadístico de prueba de acuerdo a Lind, Marchal y Mason (2004, p. 385):

$$gl = n^1 + n^2 - 2$$

Varianza conjunta:

$$s^2p = \frac{(n-1){s_1}^2 + (n-1){s_2}^2}{n^1 + n^2 - 2}$$

s_1^2p = es la varianza (desviación estándar al cuadrado) de la primera muestra.

s_2^2p = es la varianza (desviación estándar al cuadrado) de la segunda muestra.

Prueba de dos muestras para las medias, muestras pequeñas:

$$t = \frac{M_1 + M_2}{\sqrt{s^2p\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Donde:

M_1 = es la media de la primera muestra.

M_2 = es la media de la segunda muestra.

n_1 = es el número de elementos en la primera muestra.

n_2 = es el número de elementos en la primera muestra.

s^2p = es la estimación combinada de la varianza de la población.

2. **Regla de decisión**

El nivel de significancia es 0.05, 0.10 y 0.20, el estadístico de prueba es la tabla *t-student*, y se desea determinar si el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables es mayor que el calculado mediante el modelo B-S tradicional. La hipótesis alternativa establecida señala que el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables, es mayor que el calculado mediante el modelo B-S tradicional. Por lo tanto, la región de rechazo se encuentra en la cola derecha de la distribución normal estándar. La regla de decisión es rechazar la hipótesis nula si el valor calculado para el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico. En la siguiente figura se representa la regla de decisión.

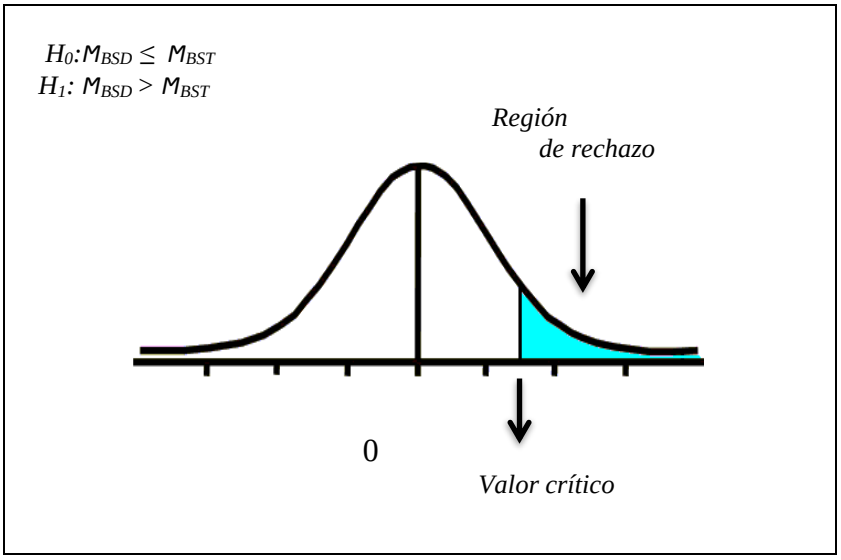


Figura 14. Regla de decisión para una prueba de una cola.
Fuente: elaboración propia.

3.4.2 Criterios de mínimos cuadrados

A partir de esta metodología se analizarán los modelos de administración del riesgo cambiario, en el caso de la determinación del tipo de cambio y las distintas variables que puede tener una correlación en la determinación del tipo cambio *spot*, con base en los datos obtenidos en los últimos 6 años (2006-2010). La importancia de este método permite establecer la correlación entre variables explicativas, para ello se utiliza el programa *Minitab.*

Multicolinealidad en el análisis de regresión, el término variable independiente se usa para referirse a cualquier variable para predecir o explicar el valor de la variable dependiente. Sin embargo, este término no significa que estas variables independientes sean independientes entre ellas, en sentido estadístico. Al contrario, es un problema de regresión simple, la mayoría de las variables independientes están correlacionadas unas con otras (Gujarati, 2003, p. 354).

3.4.2.1 Heteroscedasticidad

1. Naturaleza del problema. Un supuesto importante del modelo clásico de regresión es el de homoscedasticidad o varianza constante $E(u^2) = \sigma^2$. Si la varianza no es constante se dice que se tiene un problema de heteroscedasticidad en donde la varianza del término de error ya no es constante. Simbólicamente esto significa que: $E(u^2) = \sigma_i^2$.

A continuación se mencionan algunas de las razones de la existencia de la varianza heteroscedástica:

a. Aprendizaje por errores.
b. Ingresos crecientes.
c. Mejora en las técnicas de recolección.
d. Datos atípicos.
e. Incorrecta especificación del modelo.

Es importante llamar la atención sobre el hecho de que la presencia de heteroscedasticidad en los datos es más probable que se presente en series de corte transversal (Gujarati, 2003, p. 385).

2. Consecuencias prácticas. La principal es que la varianza de los estimadores ahora ya no es eficiente, es decir, pierde la propiedad de varianza mínima. En este caso, los estimadores ya no son los mejores estimadores lineales insesgados, en virtud de que pierden la propiedad de eficiencia; si la estimación se realiza aun en presencia de heteroscedasticidad, se obtendrán estimadores sesgados, por lo cual ya no se puede confiar en los intervalos de confianza establecidos en el modelo clásico de regresión.

3. Métodos de detección. De acuerdo con los datos, si se menciona que la heteroscedasticidad es más frecuente en series de corte transversal, es de suponer que hay más probabilidad de que se presente el problema en este tipo de datos.

Método gráfico. Se elabora un análisis de regresión suponiendo que no existe heteroscedasticidad, se recuperan los errores y se hace un análisis gráfico de éstos al cuadrado

para ver si exhiben un patrón sistemático. Un primer paso consiste en examinar el término de error al cuadrado *vs* los valores estimados de la variable dependiente. Una forma alternativa consiste en graficar los errores al cuadrado *vs* la variable explicativa (en el caso de un modelo con más de una variable explicativa, el método se aplica contra la variable que se considera que puede tener más variabilidad).

Método de Park. Es una formalización de la prueba gráfica. Consiste en suponer que el término de error está relacionado con alguna de las variables o la variable explicativa del modelo. La forma funcional del modelo es la siguiente (Gujarati, 2003, p. 388):

$$lne_i^2 = ln\sigma^2 + \beta_2 lnX_i + v_i$$

La prueba se realiza en dos etapas, en la primera se corre la regresión sin considerar la existencia o no de heteroscedasticidad, en la segunda etapa se recuperan los residuos, se elevan al cuadrado y se obtiene el logaritmo de los errores al cuadrado. Con esa información, en la segunda etapa, se corre la regresión del logaritmo de los errores al cuadrado *vs* el logaritmo de la variable explicativa y se formulan las siguientes hipótesis para el estimador de la pendiente:

Hipótesis nula es: no existe heteroscedasticidad (*tcalc<t tabla, no significativo).*

Hipótesis alternativa es: existe heteroscedasticidad (*tcalc>t tabla significativo).*

Decisión: si *tcalc>t tabla* entonces se acepta la hipótesis nula y se asume la presencia de heteroscedasticidad.

Prueba de *Glejser*, es semejante a la prueba de *Park*, *Glejser* sugiere que se aplique alguna de las siguientes relaciones funcionales (Gujarati, 2003, p. 390).

$$|\hat{u}|_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + v_i$$

$$|\hat{u}|_i = \beta_1 + \beta_2 \sqrt{X_i} + v_i$$

$$|\hat{u}|_i = \beta_1 + \beta_2 \frac{1}{Xi} + v_i$$

$$|\hat{u}|_i = \beta_1 + \beta_2 \frac{1}{\sqrt{Xi}} + v_i$$

Prueba general de heteroscedasticidad de White, incluye los siguientes pasos:

1. Correr la regresión con los datos originales y recuperar los residuos.
2. Elevar los residuos al cuadrado y correr la regresión auxiliar de los errores al cuadrado.

Contra los valores al cuadrado de las variables explicativas del modelo y sus productos cruzados, obtener R^2 de esta regresión auxiliar. Por ejemplo, si el modelo consta de cuatro variables, entonces la regresión auxiliar sería la siguiente (Gujarati, 2003, p. 398):

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_2^2 + \beta_4 X_3^2 + \beta_4 X_2 X_3 + v_i$$

3. Recuperar el R^2 de la regresión auxiliar anterior y formular las hipótesis siguientes:

H_0: no existe heteroscedasticidad.

H_1: existe heteroscedasticidad.

Calcular el siguiente estadístico $x^2 = nR^2$. Si este valor calculado es mayor que el correspondiente de tabla para $n - k$ grados de libertad, se concluye que existe heteroscedasticidad, es decir, se rechaza H_0 y se acepta H_1. La prueba de White es utilizada con frecuencia para detectar heteroscedasticidad en modelos que cuentan con más de dos variables explicativas.

3.4.2.2 Medidas remediales

Una de las formas de corregir la heteroscedasticidad es mediante la transformación de las series. La manera más sencilla es convertir el modelo original en un modelo de doble logaritmo con lo cual se puede estimar la elasticidad de la variable dependiente con respecto a cada una de las variables explicativas. La otra forma es mediante el método de mínimos cuadrados ponderados. En este caso, se selecciona alguna medida de ajuste que permita reducir la variabilidad de los datos y con ello estar en condiciones de contar con una varianza homoscedástica: esta medida de ajuste puede ser la desviación de cada uno de los datos con respecto al promedio de la serie, la otra puede ser cualquiera de las variables explicativas transformadas de acuerdo con un determinado patrón de los datos obtenidos de la prueba de Park o alguno de los formatos utilizados en la prueba de *Glejser* (Gujarati, 2003, p. 400).

Capítulo IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de la disminución de la incertidumbre del mercado de derivados en México

En el presente capítulo se destaca la importancia de la lógica difusa en el campo de la economía y finanzas. Los avances tecnológicos, la diversidad de los mercados, la multiplicidad y variedad de productos han generado que la intuición del hombre de negocios deba ser completada con modelos cada vez más complejos. Las posibilidades que ofrecen los subconjuntos difusos para enfrentar dichos problemas de decisión en el ámbito de la acción empresarial son cada vez más amplias para enriquecer la administración financiera. Como lo menciona un estudioso del tema: "los modelos formales que se basan en precisión de datos, pueden ser inoperantes cuando la realidad no permite llegar a ellos, por lo tanto, si esta información no está disponible es necesario recurrir a los cálculos numéricos de carácter subjetivo denominados valoraciones" (Gil-Aluja, 2004, p. 24).

El modelo Black-Scholes desarrollado en 1973 por Fischer Black y Myron Scholes, es una herramienta generalmente utilizada para la determinación del precio de las opciones en el mercado de derivados en la mayoría de los países; éste permite determinar el precio futuro de una opción para distintos instrumentos de coberturas, opciones, futuros, *swaps*, y *warrants*.

Dado lo anterior y con base en los datos del tipo de cambio registrados por Banxico, en el periodo comprendido de marzo del 2009 a marzo del 2011, se determinan los precios de las coberturas de manera teórica (ver anexo 8); en éste se considera la volatilidad, la cual tiene un

efecto significativo en el costo de las opciones, como establece otro autor: “a mayor volatilidad del tipo de cambio, mayor probabilidad de que la opción expire en el dinero” (Kozikowsky, 2007, p. 367).

Los resultados se comparan con los datos que arroja el mercado de derivados de México (ver anexo 9), dando como resultado una diferencia significativa en el precio de la opción determinado por el mercado y el precio determinado por el modelo B-S tradicional, como se aprecia en la siguiente figura:

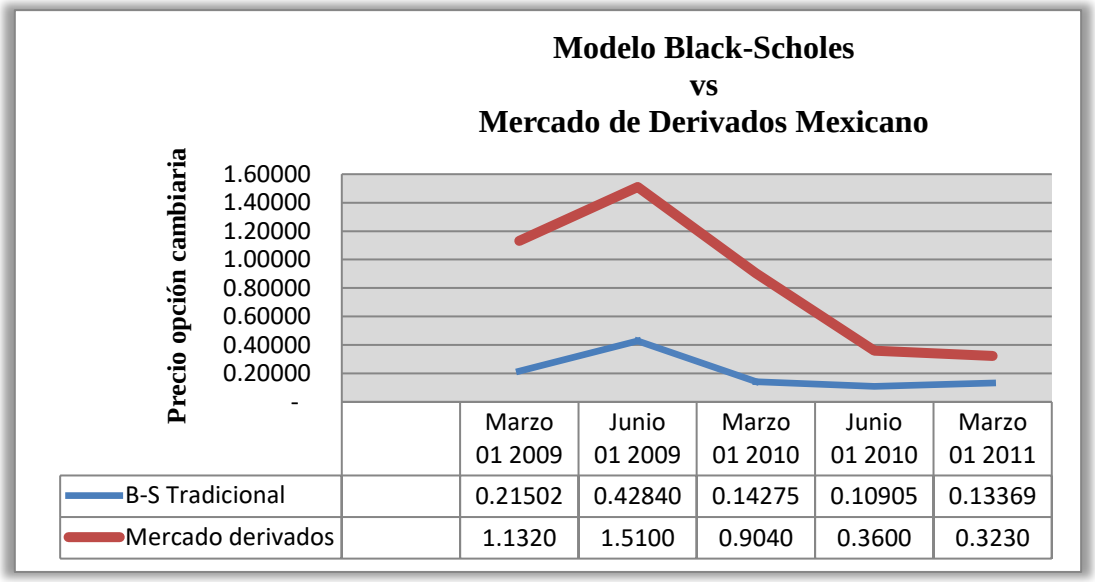


Figura 15. Comparación del precio de una opción entre el Mex-Der y el modelo B-S tradicional.
Fuente: elaboración propia con base en datos del mercado de derivados de México y el banco de México.

Al analizar esta diferencia, se puede señalar la influencia de los cambios constantes en los que están inmersos los mercados financieros; también es importante mencionar la condición previa del modelo B-S, el cual asume la probabilidad para el análisis de decisiones con números precisos; además, se calcula y deriva de muestras repetidas y del concepto de frecuencia relativa; a diferencia de la lógica difusa que asume grados de pertenencia dados por expertos en el mundo real. El modelo B-S tradicional no considera el medio ambiente de incertidumbre existente en el mundo real, dado que no toma en cuenta los factores difusos

para determinar el precio de la opción. En este trabajo se utiliza el pronóstico y los elementos difusos como base para evaluar la subjetividad de la incertidumbre cuyo objetivo primordial es obtener una valoración de la opción contigua a la realidad del mercado.

Al indagar en cada uno de los periodos, se observa que existe una diferencia significativa en el precio de las opciones en el periodo de marzo del 2009, generado por la influencia de la volatilidad en los mercados financieros que se presentó en el año 2008, donde se registró la crisis financiera por los créditos de las hipotecas *subprime* en Estados Unidos, por las principales sociedades hipotecarias *Freddie Mac* y *Fanny Mae*, que representaban el 50 % del mercado hipotecario. Lo que generó ajustes a la política monetaria para lograr equilibrar los mercados y promover la inversión, con una baja a las tasas de bonos del tesoro, como se puede observar en la figura 16. Es importante mencionar la crítica que se hace por parte de la escuela de Chicago y la escuela Austriaca, sobre la política discrecional en la toma de decisiones por la junta de gobierno de la *Federal Reserve System* (FED), por la falta de información y manipulación de las tasas, lo que ha provocado una mayor volatilidad en los mercados financieros, con lo que proponen su desaparición. En la siguiente figura se muestra el comportamiento de la tasa cetes y la tasa *T-bill*.

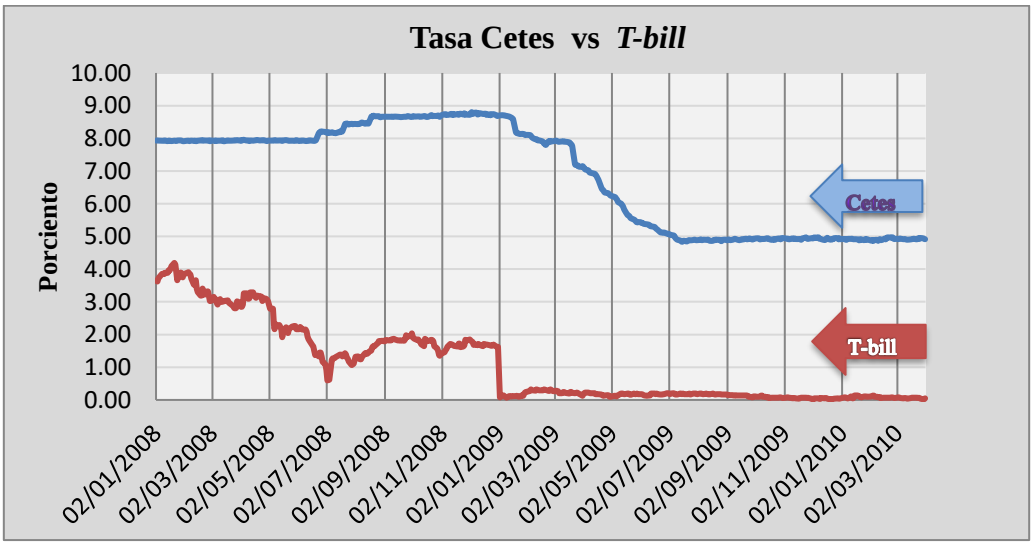


Figura 16. Comportamiento de la tasa de interés doméstica y foránea de marzo 2008 a marzo 2010. Fuente: elaboración propia con base en datos Banxico.

En la siguiente figura se puede apreciar el efecto significativo que tiene la crisis hipotecaria de Estados Unidos sobre el rendimiento diario del tipo de cambio.

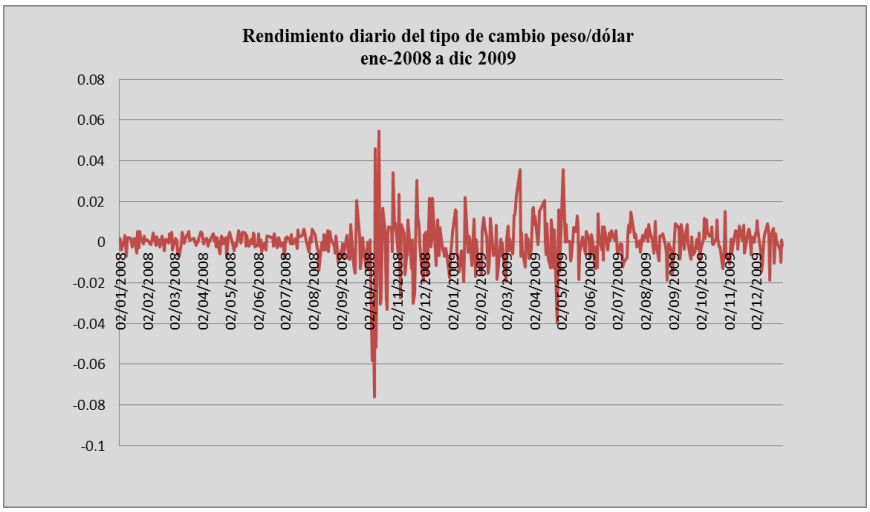


Figura 17. Comportamiento diario del rendimiento del tipo de cambio en el año 2008-2009.
Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

4.2 La aplicación de la lógica difusa en las variables económicas que intervienen en el precio de una opción cambiaria

Los problemas actuales en el ámbito de la valoración de opciones tienen como característica la incertidumbre. “El modelo Black-Scholes establecido en 1973, siempre ha tenido como piedra angular la valoración de opciones, sin embargo, las aplicaciones genéricas de este modelo son limitadas por su naturaleza de no ser adecuado para el medio ambiente difuso desde la toma de decisiones” (Lee, Tzeng y Wang, 2005, p. 330).

Cuando un inversionista u organización se enfrenta a un problema de valuación de opciones, los resultados de las variables primarias dependen de la estimación del inversor. Esto significa que la deducción de una persona o personas en el proceso de pensamiento corresponde a la

lógica no binaria con vaguedad. Por lo que las técnicas que proporcionan las teorías probabilísticas no son lo suficientemente adecuadas para cuantificar dicha vaguedad, hacerlo implicaría aceptar que los hechos vagos son equivalentes a los hechos que suceden al azar. En cambio, la lógica difusa permite formalizar la vaguedad de los fenómenos mediante la asignación de una función característica en la que hay un grado entre la absoluta pertenencia y la no pertenencia. Por lo tanto, mientras la probabilidad se asocia a la aleatoriedad, la función de pertenencia se asocia a la falta de claridad; sin embargo, es importante mencionar que ambos conceptos tienen un punto en común, ya que los dos están incluidos entre cero y uno.

Al determinar el precio de una opción, la organización a menudo depende del juicio de un experto para obtener la distribución de probabilidades de las variables primarias en el modelo B-S; al evaluar la distribución de las variables el experto valora la influencia de la información de la muestra, lo que lleva implícito el juicio subjetivo del experto, es decir, el factor borroso. Sin embargo, “el modelo B-S no considera los factores borrosos del experto en el precio de una opción” (Lee, Tzeng y Wang, 2005, p. 331).

4.2.1 Análisis del efecto de la fuzificacion de la variable tipo de cambio para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011

La incursión de la lógica difusa en cada una de las variables mediante el numero borroso triangular (NBT) permite establecer una tripleta, y calcular la escala endecadaria según Kaufmann y Gil-Aluja (1986, p. 90). Para este caso, la función característica a utilizar es la triangular, y ésta se determina al utilizar la aproximación basada en el conocimiento humano de los expertos. Para lo cual, se establece que el número de expertos son 4; considerando como experto 1, el pronóstico con las variables de la teoría Fisher, experto 2 el pronóstico con las variables de la PPA, experto 3 el pronóstico con las variables de la balanza de pago, y el experto 5 el pronóstico de análisis de tendencia con una variable. Asimismo, se realizaron las operaciones de econometría de serie de tiempos mediante los modelos *Winters* y Arima, a través del programa *minitab*, para pronosticar las variables tipo de cambio, tasa de interés doméstica y foránea. El pronóstico se determina con base en los datos comprendidos en el periodo de 2006-2009 (ver anexo 10). De las cuales se obtienen las siguientes tripletas de confianza:

Tabla 7. Tripleta de confianza de tipo de cambio, marzo 2009

Experto	A_1	A_2	A_3
1	13.71120	13.83960	13.96800
2	13.52700	14.00330	14.47900
3	11.86310	13.22620	14.58930
4	13.51680	13.73670	13.95670
NBT	13.15453	13.70145	14.24825

Fuente: elaboración propia con base en datos Banxico.

Como se muestra en la tabla 7, se tiene la opinión de cada experto (pronóstico) expresada en número borroso triangular, así como el número borroso medio o agregado, el cual resulta de

sumar las tres columnas y dividir el resultado entre el número de expertos. Según Gil-Aluja (2004, p. 74), es expresado:

$$T = \left(\overset{m}{A_1} + \overset{m}{A_2} + \overset{m}{A_3} \right)$$

Dada la opinión de los expertos se asume que el tipo de cambio esperado para marzo 2009 está definido por el NBT (13.15453, 13.70145, 14.24825), lo que indica que el tipo de cambio pronosticado se sitúa entre 13.15453 y 14.24825, siendo el valor con mayor posibilidad de ocurrencia 13.70145. La representación gráfica de cada experto es dada como:

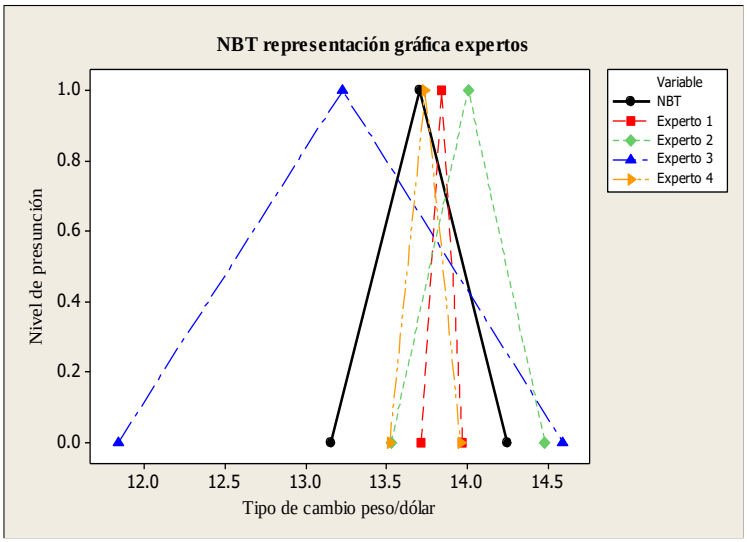


Figura 18. Representación gráfica de la tripleta de confianza de expertos, marzo 2009.
Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la gráfica, que existe un alejamiento entre la opinión de cada experto y la opinión agregada, lo que indica la existencia de discrepancia entre los expertos. A esta discrepancia se le conoce como "diferencia de opinión entre expertos" (Gil-Lafuente citado en González, 2001, p. 110). Esta diferencia puede estar generada por la alta volatilidad de los mercados internacionales, que caracterizó este periodo.

De acuerdo con Gil-Aluja (2004, p. 90) la función de pertenencia está dada por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 \ ; & sí\ x \leq a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} \ ; & sí\ a_1 < x \leq a_2 \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2} \ ; & sí\ a_2 < x \leq a_3 \\ 0 \ ; & sí\ a_3 \leq x \end{cases}$$

La expresión general para los *α-corte*, despejando *x*, en función del nivel de presunción; $\alpha = \mu_{A\,(x)}$

$\alpha = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}$ ⟶ $x = a_1 + \alpha\,(a_2 - a_1)$ → Para el extremo inferior

$\alpha = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}$ ⟶ $x = a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$ → Para el extremo superior

Siendo los *α-corte*:

$$\forall \alpha \in [\,0, 1\,]$$

$$A\alpha = [a_1 + \alpha(a_2 - a_1), \qquad a_3 - \alpha(\,a_3 - a_2\,)]$$

A partir de esta expresión y del NBT agregado (13.15453, 13.70145, 14.24825), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tendrá:

Tabla 8. Nivel de presunción para el tipo de cambio, marzo 2009

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	13.15453	14.24825
0.1	13.20922	14.19357
0.2	13.26391	14.13889
0.3	13.31860	14.08421
0.4	13.37330	14.02953
0.5	13.42799	13.97485
0.6	13.48268	13.92017
0.7	13.53737	13.86549
0.8	13.59207	13.81081
0.9	13.64676	13.75613
1	13.70145	13.70145

Fuente: elaboración propia.

Dado lo anterior, se obtienen los diferentes intervalos de confianza para el tipo de cambio para marzo del 2009 y sus diferentes niveles de presunción. El tipo de cambio puede tomar cualquier valor comprendido dentro del intervalo de referencia y todo valor tiene asociado un nivel de presunción (posibilidad) determinado. En la siguiente figura se puede observar que el número borroso que representa el tipo de cambio es en efecto un NBT, ya que cumple con la propiedad de convexidad de éstos.

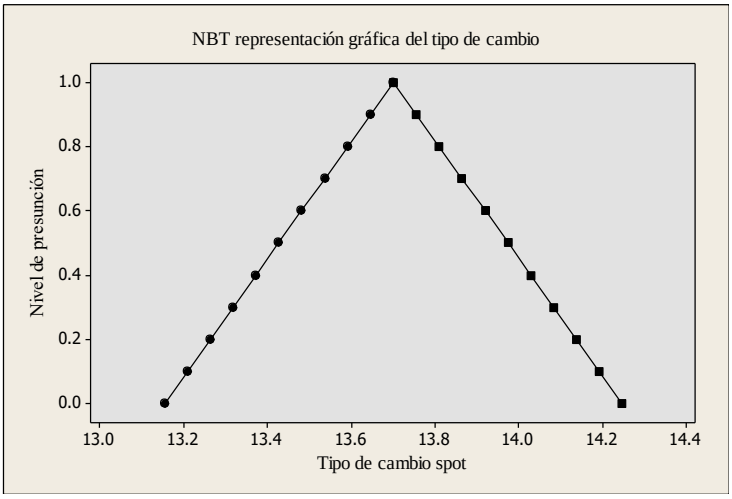


Figura 19. Representación gráfica del NBT del tipo de cambio marzo 2009.
Fuente: elaboración propia.

Tipo de cambio de junio del 2009 (ver anexo 11), se realiza el mismo procedimiento, obteniendo el resultado siguiente:

Tabla 9. Tripleta de confianza de tipo de cambio, junio 2009

Experto	A_1	A_2	A_3
1	13.92670	14.20020	14.31370
2	13.80630	14.72200	15.36770
3	12.27400	13.41880	14.61030
4	12.32060	13.73410	14.54030
NBT	13.08190	14.01878	14.70800

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

De la opinión de los expertos se obtiene el siguiente gráfico.

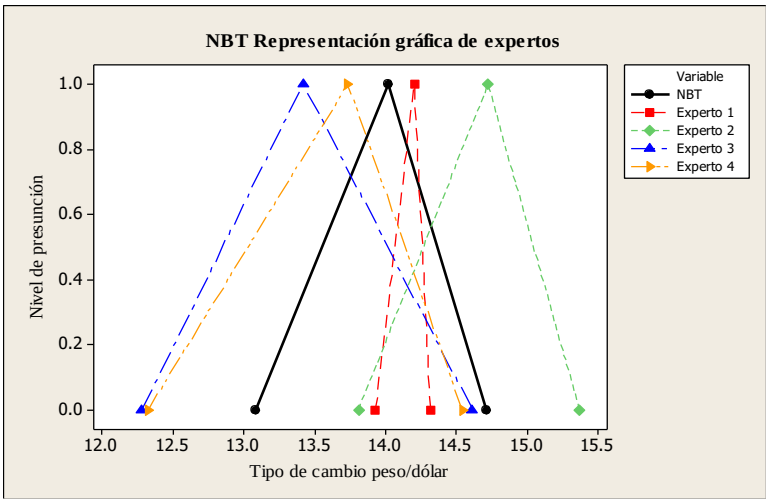


Figura 20. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, junio 2009.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y del NBT agregado (13.08190, 14.01878, 14.70800), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se obtiene:

Tabla 10. Nivel de presunción para el tipo de cambio, junio 2009

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	13.08190	14.70800
0.1	13.17559	14.63908
0.2	13.26928	14.57016
0.3	13.36296	14.50123
0.4	13.45665	14.43231
0.5	13.55034	14.36339
0.6	13.64403	14.29447
0.7	13.73771	14.22554
0.8	13.83140	14.15662
0.9	13.92509	14.08770
1	14.01878	14.01878

Fuente: elaboración propia.

A partir de lo anterior se obtiene:

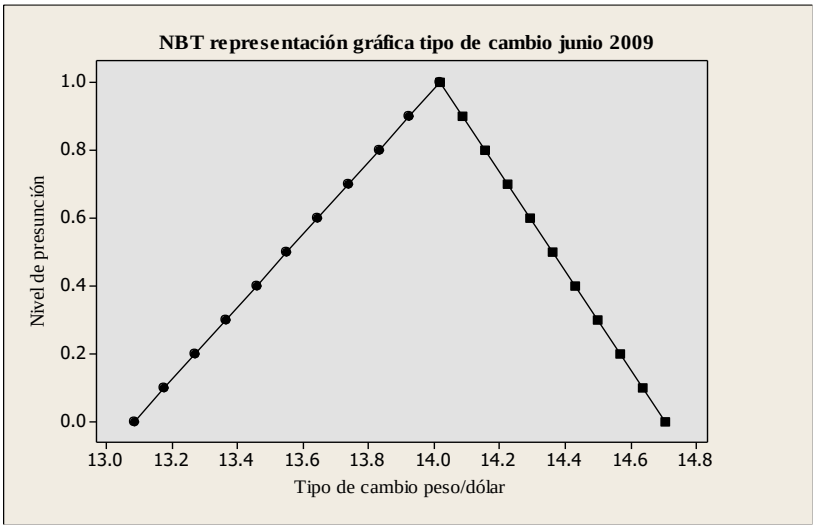


Figura 21. Representación gráfica del tipo de cambio para junio 2009.
Fuente: elaboración propia.

Igualmente, para el periodo de marzo del 2010 (ver anexo 12), se tendrá:

Tabla 11. Tripleta de confianza para tipo de cambio marzo 2010

Experto	A_1	A_2	A_3
1	10.77600	12.25900	13.74170
2	12.25340	12.42960	12.60580
3	12.07940	13.48520	14.89100
4	11.80350	13.09040	14.37736
NBT	11.72808	12.81605	13.90397

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

Y se obtiene:

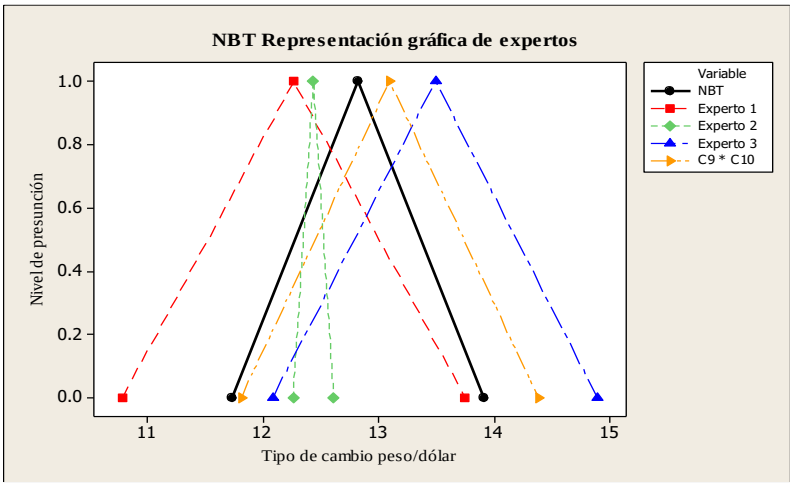


Figura 22. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, marzo 2010.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (11.72808, 12.81605, 13.90397), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 12. Nivel de presunción para tipo de cambio, marzo 2010

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	11.72808	13.90397
0.1	11.83687	13.79517
0.2	11.94567	13.68638
0.3	12.05447	13.57759
0.4	12.16327	13.46880
0.5	12.27206	13.36001
0.6	12.38086	13.25122
0.7	12.48966	13.14242
0.8	12.59846	13.03363
0.9	12.70725	12.92484
1	12.81605	12.81605

Fuente: elaboración propia.

Se obtiene el siguiente gráfico del NBT:

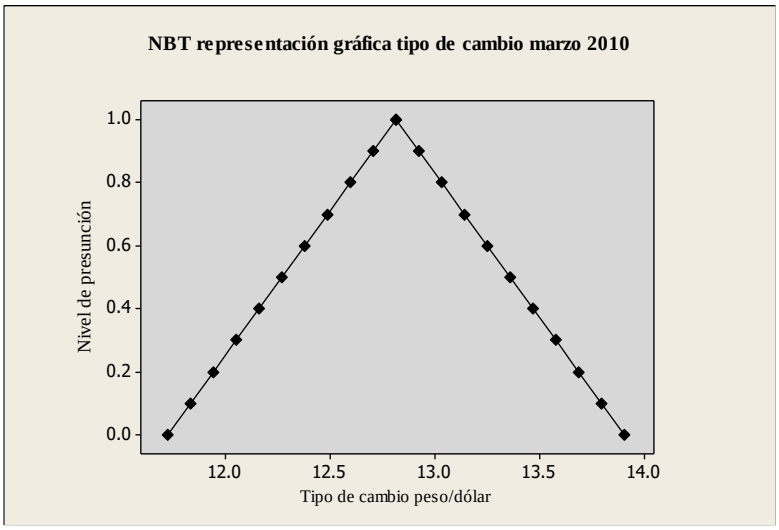


Figura 23. Representación gráfica del NBT de tipo de cambio para marzo 2010.
Fuente: elaboración propia.

Tipo de cambio para junio del 2010 (ver anexo 13), se obtiene lo siguiente:

Tabla 13. Tripleta de confianza para tipo de cambio, junio 2010

Experto	A_1	A_2	A_3
1	12.59100	12.74040	12.88980
2	11.75110	12.82680	13.90250
3	11.96000	13.20550	13.45100
4	12.74000	12.86000	13.53780
NBT	12.26053	12.90818	13.44528

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

Se obtiene así la siguiente representación:

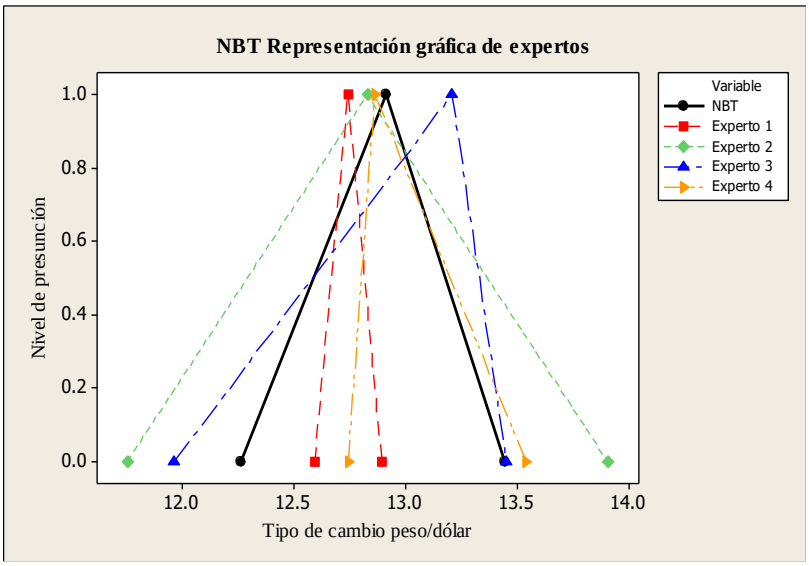


Figura 24. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos para junio 2010.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (12.26053, 12.90818, 13.44528), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 14. Nivel de presunción para tipo de cambio, junio 2010

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	12.26053	13.44528
0.1	12.32529	13.39157
0.2	12.39006	13.33786
0.3	12.45482	13.28415
0.4	12.51959	13.23044
0.5	12.58435	13.17673
0.6	12.64912	13.12302
0.7	12.71388	13.06931
0.8	12.77865	13.01560
0.9	12.84341	12.96189
1	12.90818	12.90818

Fuente: elaboración propia.

Se obtiene así el siguiente gráfico del NBT:

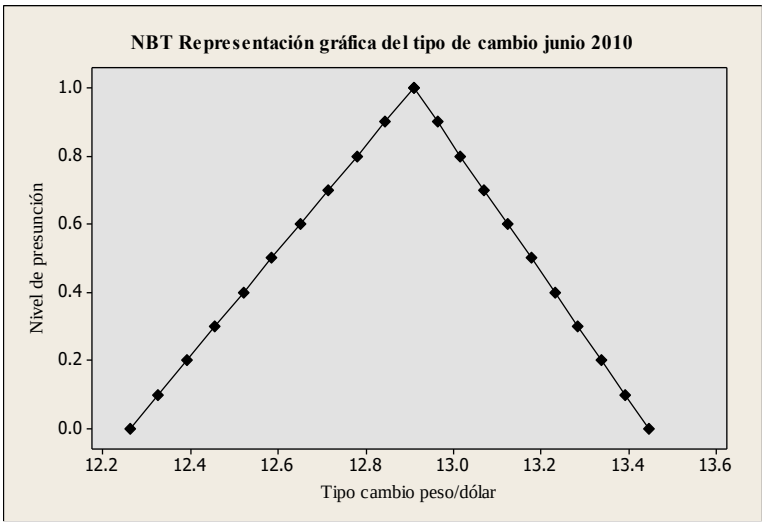


Figura 25. Representación del NBT del tipo de cambio para junio 2010.
Fuente: elaboración propia.

Para el periodo de marzo del 2011 se realiza el mismo procedimiento, obteniendo el resultado siguiente (ver anexo 14):

Tabla 15. Tripleta de confianza para el tipo de cambio, marzo 2011

Experto	A_1	A_2	A_3
1	12.28070	12.43460	12.58850
2	11.39100	12.42820	13.46550
3	12.07680	13.32600	14.57520
4	12.14880	12.35710	12.56540
NBT	11.97433	12.63648	13.29865

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

En este periodo, se puede observar la baja considerable del tipo de cambio y su estabilidad a partir del año 2010.

De lo cual, se obtiene el gráfico siguiente:

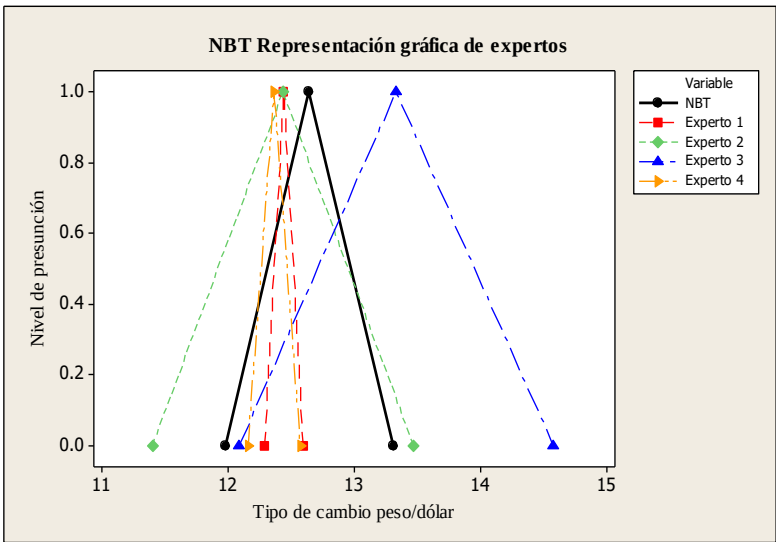


Figura 26. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (11.97433, 12.63648, 13.29865), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 16. Nivel de presunción para el tipo de cambio, marzo 2011

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	11.97433	13.29865
0.1	12.04054	13.23243
0.2	12.10676	13.16622
0.3	12.17297	13.10000
0.4	12.23919	13.03378
0.5	12.30540	12.96756
0.6	12.37162	12.90135
0.7	12.43783	12.83513
0.8	12.50405	12.76891
0.9	12.57026	12.70269
1	12.63648	12.63648

Fuente: elaboración propia.

Y se obtiene la representación gráfica del NBT:

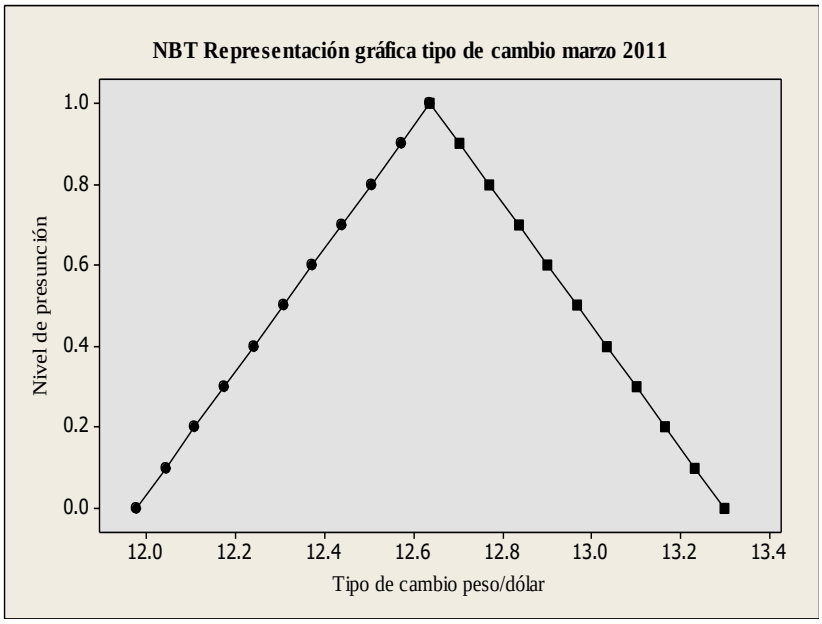


Figura 27. Representación del NBT del tipo de cambio para marzo 2011.
Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Análisis del efecto de la fuzificación de la variable tasa cetes para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011

Para la tasa cetes los expertos están definidos por los modelos de pronóstico de series de tiempo: para el experto 1, se considera el pronóstico con base en modelo *Winters*; para el experto 2, el pronóstico se basa en el modelo Arima; para el experto 3 el pronóstico tiene como base el modelo promedio móviles; y para el experto 4, el pronóstico con base en análisis de tendencia con una variable; aplicando el programa *minitab.* El pronóstico se determina con base en los datos comprendidos en el periodo de 2006-2009 (ver anexo 15). De las cuales se obtienen las siguientes tripletas de confianza:

Tabla 17. Tripleta de confianza de tasa cetes, marzo 2009

Experto	A_1	A_2	A_3
1	7.66567%	7.92553%	8.18539%
2	6.93990%	7.11056%	7.28121%
3	7.05418%	7.13750%	7.22082%
4	5.80962%	5.90255%	6.99950%
NBT	6.86734%	7.01904%	7.42173%

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

Se asume que la tasa cetes esperada para marzo 2009, está definida por el NBT agregado (6.86734 %, 7.01904 %, 7.42173 %). Es decir, la tasa cetes se sitúa entre 6.86734 % y 7.42173 %, siendo el valor de mayor posibilidad de ocurrencia el de 7.01904 %. En este periodo se tiene mayor impacto dada la volatilidad de los mercados internacionales, ya que se registró un alza en la tasa de interés. En la siguiente gráfica se pueden observar las diferencias entre la opinión de los expertos:

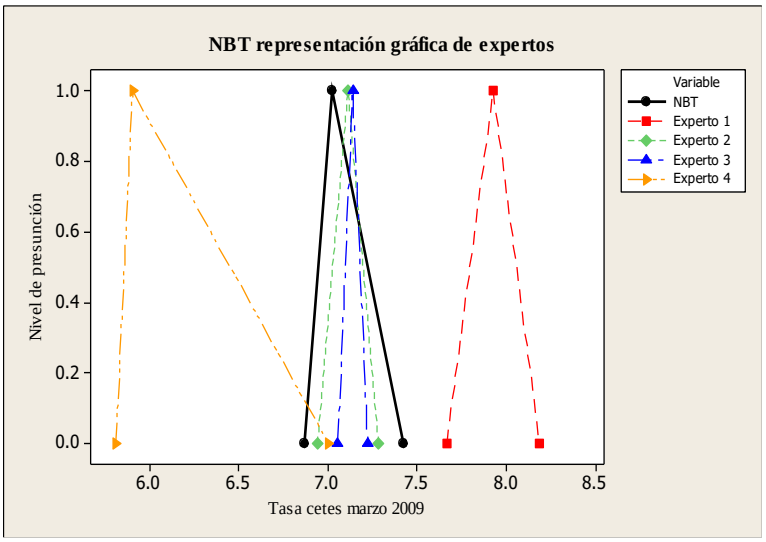


Figura 28. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, marzo 2009.
Fuente: elaboración propia.

A partir de la expresión *α-corte* y del NBT agregado (6.86734 %, 7.01904 %, 7.42173 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tendrá:

Tabla 18. Nivel de presunción para la tasa cetes, marzo 2009

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	6.8673%	7.4217%
0.1	6.8825%	7.3815%
0.2	6.8977%	7.3412%
0.3	6.9129%	7.3009%
0.4	6.9280%	7.2607%
0.5	6.9432%	7.2204%
0.6	6.9584%	7.1801%
0.7	6.9735%	7.1398%
0.8	6.9887%	7.0996%
0.9	7.0039%	7.0593%
1	7.0190%	7.0190%

Fuentes: elaboración propia.

Dado lo anterior se obtienen los diferentes intervalos de confianza de la tasa cetes para marzo del 2009 y sus diferentes niveles de presunción; el cual tiene la siguiente representación gráfica:

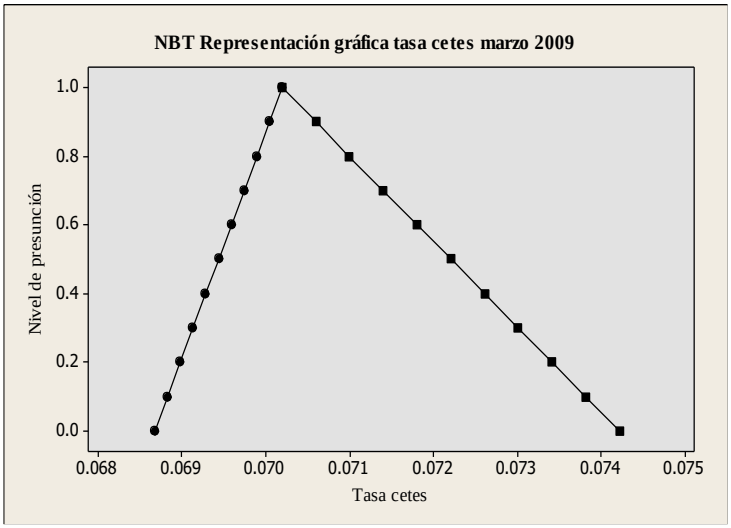


Figura 29. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes, marzo 2009.
Fuente: elaboración propia.

Para el periodo de junio del 2009 se realiza el mismo procedimiento (ver anexo 16), obteniendo el resultado siguiente:

Tabla 19. Tripleta de confianza para tasa cetes, junio 2009

Experto	A_1	A_2	A_3
1	5.08610%	5.36610%	5.63650%
2	5.02857%	5.32154%	5.61451%
3	4.96403%	5.28781%	5.59212%
4	4.91219%	5.24998%	5.58778%
NBT	4.99772%	5.30636%	5.60773%

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

Se obtiene así la siguiente figura de la opinión de los expertos:

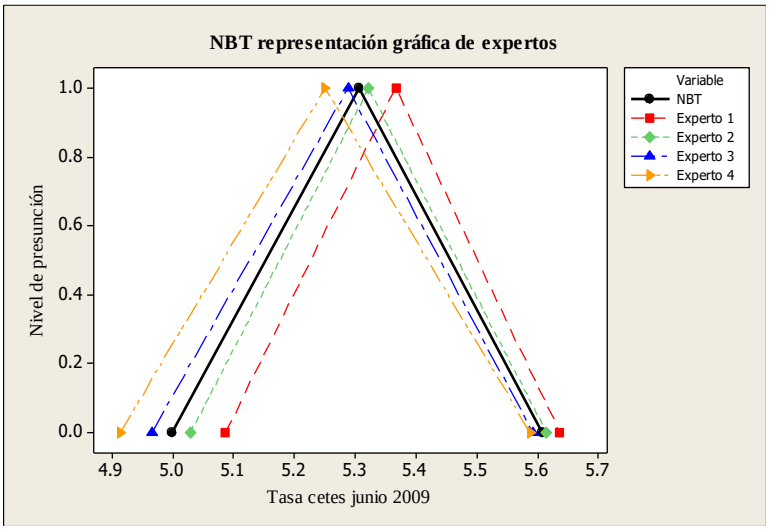


Figura 30. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos, junio 2009.
Fuente: elaboración propia.

Se puede observar, la proximidad del NBT agregado en relación con los demás expertos, lo que indica que la incertidumbre es menor.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y del NBT agregado (4.99772 %, 5.30636 %, 5.60773 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se obtiene:

Tabla 20. Nivel de presunción para la tasa cetes, junio 2009

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	4.99772%	5.60773%
0.1	5.02859%	5.57759%
0.2	5.05945%	5.54745%
0.3	5.09031%	5.51732%
0.4	5.12118%	5.48718%
0.5	5.15204%	5.45704%
0.6	5.18290%	5.42691%
0.7	5.21377%	5.39677%
0.8	5.24463%	5.36663%
0.9	5.27549%	5.33649%
1	5.30636%	5.30636%

Fuente: elaboración propia.

Y se obtiene lo siguiente:

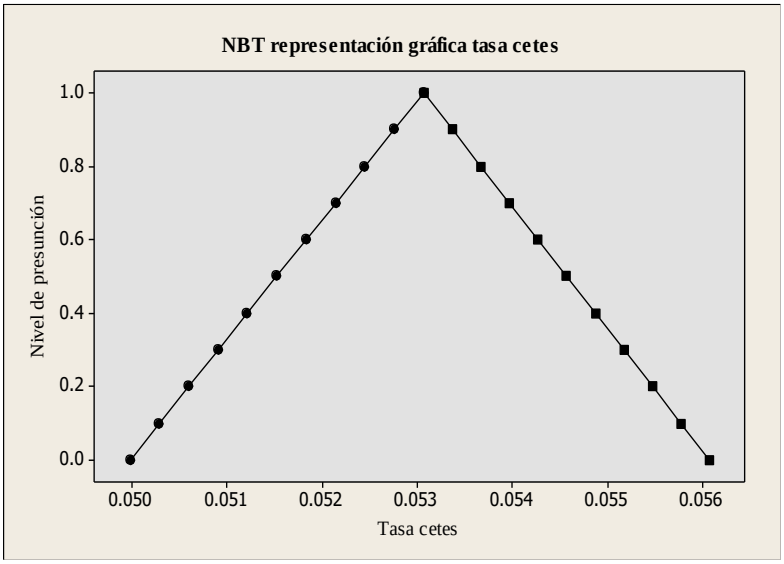


Figura 31. Representación del NBT de la tasa cetes para junio 2009.
Fuente: elaboración propia.

Igualmente, para el periodo de marzo del 2010 (ver anexo 17), se obtiene:

Tabla 21. Tripleta de confianza para la tasa cetes, marzo 2010

Experto	A_1	A_2	A_3
1	5.00000%	5.06000%	5.26000%
2	5.00000%	5.46000%	6.00000%
3	4.50000%	4.75000%	5.00000%
4	3.84000%	4.16000%	4.58000%
NBT	4.58500%	4.85750%	5.21000%

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

Y se obtiene así el siguiente gráfico:

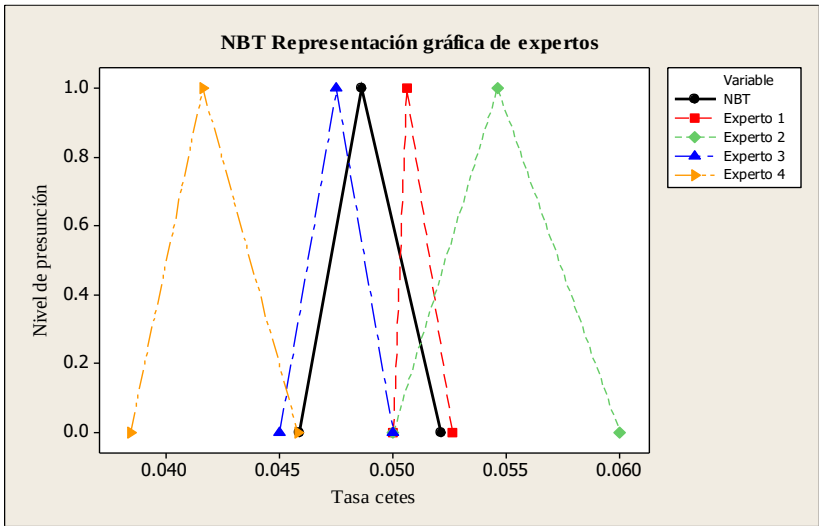


Figura 32. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa cetes, marzo 2010.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (4.58500 %, 4.85750 %, 5.21000 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 22. Nivel de presunción para la tasa cetes, marzo 2010

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	4.58500%	5.21000%
0.1	4.61225%	5.17475%
0.2	4.63950%	5.13950%
0.3	4.66675%	5.10425%
0.4	4.69400%	5.06900%
0.5	4.72125%	5.03375%
0.6	4.74850%	4.99850%
0.7	4.77575%	4.96325%
0.8	4.80300%	4.92800%
0.9	4.83025%	4.89275%
1	4.85750%	4.85750%

Fuente: elaboración propia.

De la cual, se obtiene la siguiente representación gráfica:

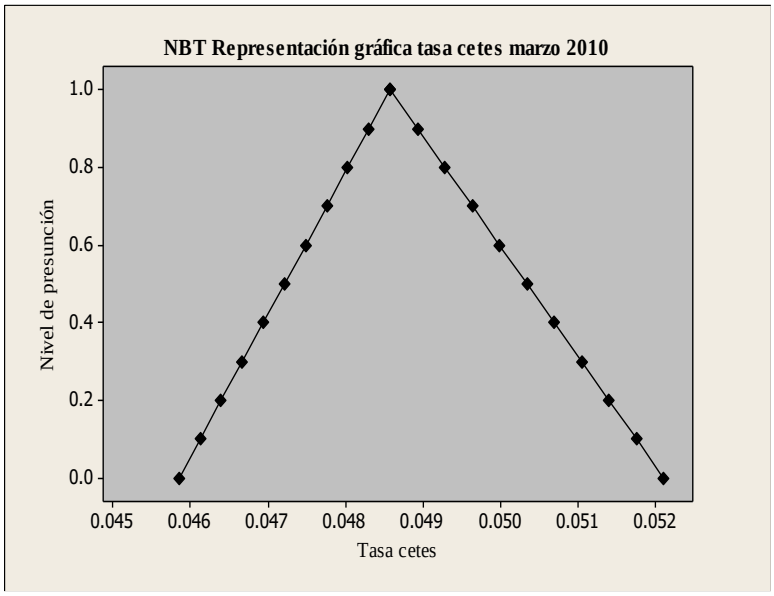


Figura 33. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes para marzo 2010.
Fuente: elaboración propia.

De igual manera, para el periodo de junio del 2010 (ver anexo18), se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 23. Tripleta de confianza para la tasa cetes, junio 2010

Experto	A_1	A_2	A_3
1	4.70188%	4.95314%	5.20439%
2	5.00000%	5.46800%	5.53799%
3	4.72804%	4.94545%	5.16286%
4	4.80102%	4.95683%	5.11263%
NBT	4.80774%	5.08086%	5.25447%

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

A partir de lo cual se obtiene:

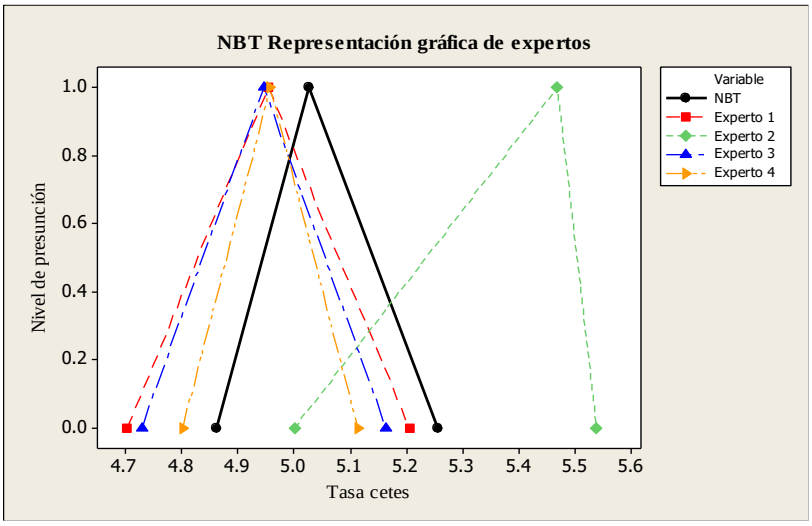


Figura 34. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa cetes, junio 2010.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (4.80774 %, 5.08086 %, 5.25447 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 24. Nivel de presunción para la tasa cetes, junio 2010

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	4.80774%	5.25447%
0.1	4.83505%	5.23711%
0.2	4.86236%	5.21974%
0.3	4.88967%	5.20238%
0.4	4.91698%	5.18502%
0.5	4.94430%	5.16766%
0.6	4.97161%	5.15030%
0.7	4.99892%	5.13294%
0.8	5.02623%	5.11558%
0.9	5.05354%	5.09822%
1	5.08086%	5.08086%

Fuente: elaboración propia.

Y se obtiene :

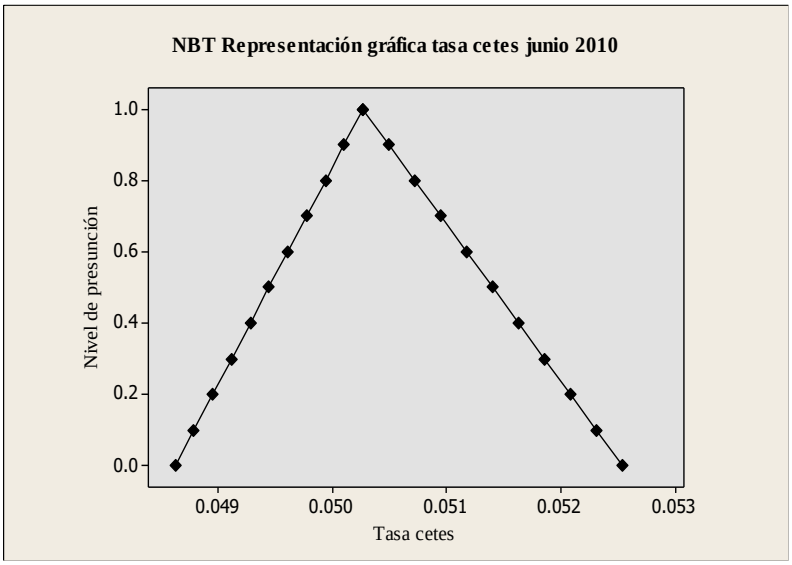


Figura 35. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes para junio 2010.
Fuente: elaboración propia.

Para la tasa cetes del periodo de marzo del 2011 se realiza el mismo procedimiento (ver anexo 19), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 25. Tripleta de confianza para la tasa cetes, marzo 2011

Experto	A_1	A_2	A_3
1	4.66503%	4.90704%	5.14906%
2	5.01000%	5.02000%	5.05000%
3	4.68550%	4.90125%	5.11395%
4	4.96403%	5.28781%	5.59212%
NBT	4.83114%	5.02902%	5.22628%

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

A partir de lo cual se obtiene:

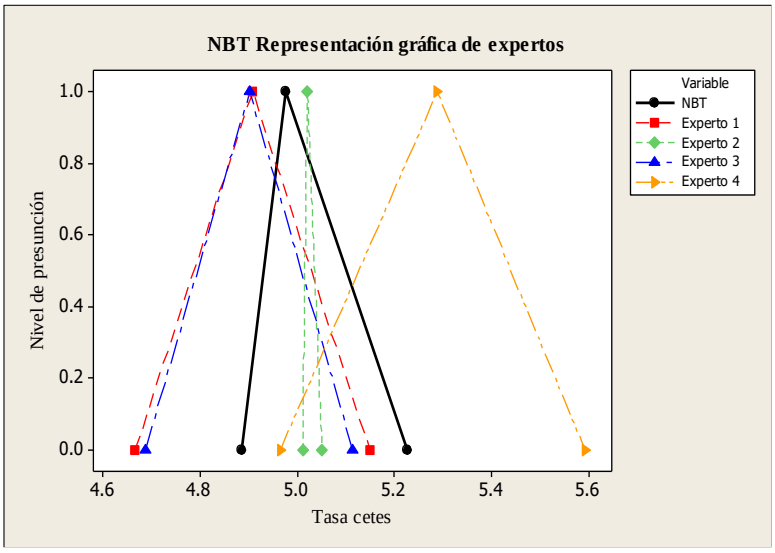


Figura 36. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa cetes, marzo 2011.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (4.83114 %, 5.02902 %, 5.22628 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 26. Nivel de presunción para la tasa cetes, marzo 2011

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	4.83114%	5.22628%
0.1	4.85093%	5.20656%
0.2	4.87072%	5.18683%
0.3	4.89051%	5.16711%
0.4	4.91029%	5.14738%
0.5	4.93008%	5.12765%
0.6	4.94987%	5.10793%
0.7	4.96966%	5.08820%
0.8	4.98945%	5.06848%
0.9	5.00924%	5.04875%
1	5.02902%	5.02902%

Fuente: elaboración propia.

A partir de lo cual se obtiene el siguiente gráfico del NBT:

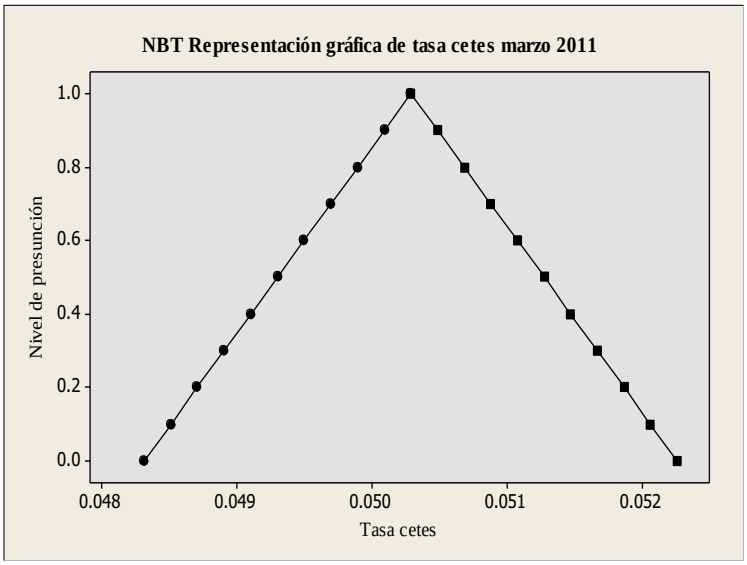


Figura 37. Representación gráfica del NBT de la tasa cetes para marzo 2011.
Fuente: elaboración propia.

4.2.3 Análisis del efecto de la fuzificación de la variable tasa T-bill para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011

En la tasa *T-bill* para marzo del 2009, los expertos están definidos por los modelos de pronóstico de series de tiempo: para el experto 1, se considera el pronóstico basado en el modelo *Winters*; para el experto 2, el pronóstico con base en modelo Arima; para el experto 3 el pronóstico se basa en modelo promedio móviles; y para el experto 4, el pronóstico con base en análisis de tendencia con una variable; aplicando el programa *minitab.* El pronóstico se determina con base en los datos comprendidos en el periodo de 2006-2009 (ver anexo 20). De las cuales se obtienen las siguientes tripletas de confianza:

Tabla 27. Tripleta de confianza de tasa *T-bill*, marzo 2009

Experto	A_1	A_2	A_3
1	0.042390%	0.184557%	0.326724%
2	0.104873%	0.147500%	0.191027%
3	0.001942%	0.158326%	0.314709%
4	0.013712%	0.232900%	0.282900%
NBT	0.04073%	0.18082%	0.27884%

Fuente: elaboración propia con base en datos de Banxico.

De acuerdo a lo anterior, se asume que la tasa *T-bill* esperada para marzo 2009, está definida por el NBT agregado (0.04073 %, 0.18082 %, 0.27884 %). En la siguiente gráfica se pueden observar las diferencias entre la opinión de los expertos.

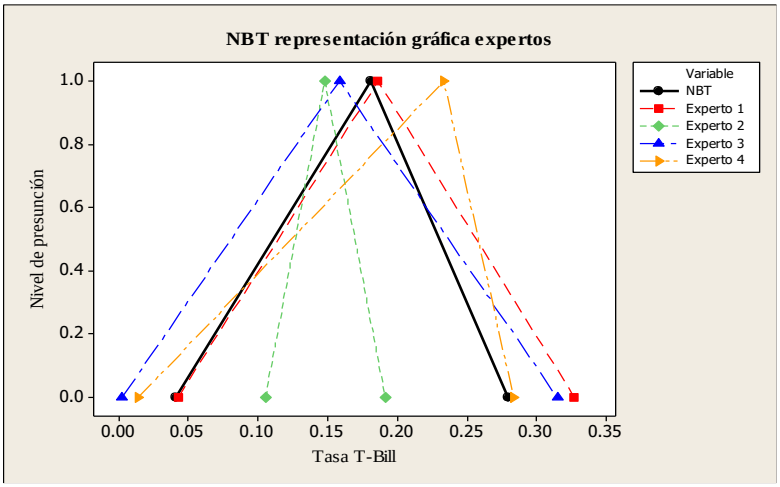


Figura 38. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos.
Fuente: elaboración propia.

Se pueden observar las tasas de interés muy bajas, dada la política económica establecida por la FED de Estados Unidos, provocada por el *crack* financiero de los créditos hipotecarios *subprime.*

A partir de la expresión *α-corte* y del NBT agregado (0.04073 %, 0.18082 %, 0.27884 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tendrá:

Tabla 28. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, marzo 2009

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	0.04073%	0.27884%
0.1	0.05474%	0.26904%
0.2	0.06875%	0.25924%
0.3	0.08276%	0.24943%
0.4	0.09677%	0.23963%
0.5	0.11077%	0.22983%
0.6	0.12478%	0.22003%
0.7	0.13879%	0.21023%
0.8	0.15280%	0.20042%
0.9	0.16681%	0.19062%
1	0.18082%	0.18082%

Fuente: elaboración propia.

La variable tasa *T-bill* puede tomar cualquier valor comprendido dentro del intervalo de referencia y todo valor tiene asociado un nivel de presunción determinado. Así se puede establecer que la predicción de la tasa *T-bill* utilizando series de tiempo para pronosticar, se sitúa entre 0.04073 % y 0.27884 %, siendo el valor de máxima presunción 0.18082 %. En la siguiente figura se observa cómo el nivel de presunción crece linealmente desde el extremo inferior (0.04073 %) al valor más posible (0.18082 %), y decrece linealmente desde este valor hasta el extremo superior (0.27884 %).

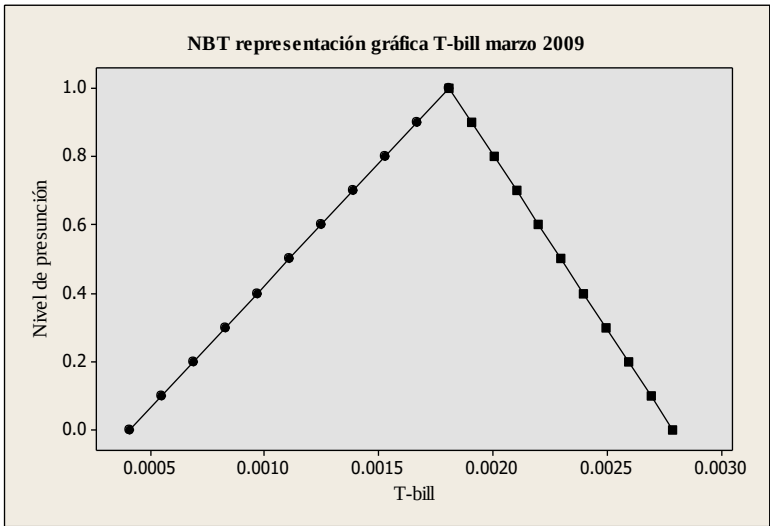


Figura 39. Representación gráfica de la tasa *T-bill* para marzo 2009.
Fuente: elaboración propia.

Para el periodo de junio del 2009 se sigue el mismo procedimiento (ver anexo 21), y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 29. Tripleta de confianza para tasa T-bill, junio 2009

Experto	A_1	A_2	A_3
1	0.0417%	0.1878%	0.3358%
2	0.03240%	0.18973%	0.70262%
3	0.05615%	0.17937%	0.30259%
4	0.01200%	0.10500%	0.12692%
NBT	0.03556%	0.16546%	0.36699%

Fuente: elaboración propia.

Se obtiene así la siguiente figura:

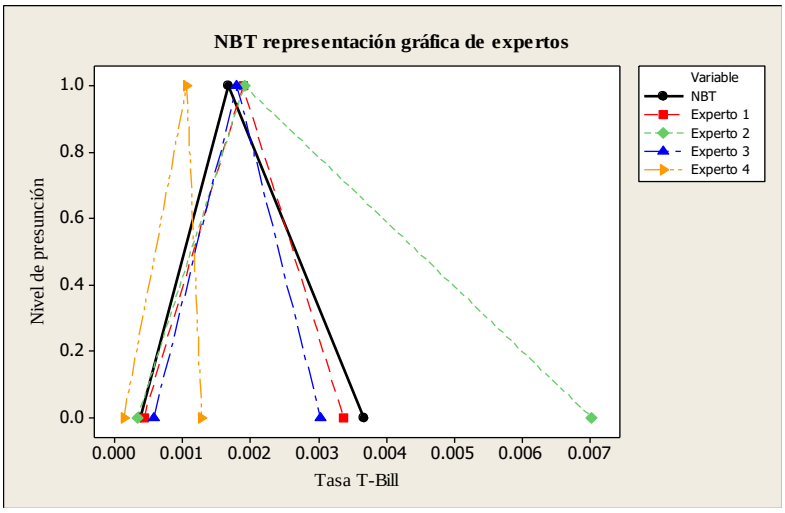


Figura 40. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa *T-bill*, junio 2009.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y del NBT agregado (0.03556 %, 0.16546 %, 0.36699 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 30. Nivel de presunción para la *T-bill*, junio 2009

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	0.03556%	0.36699%
0.1	0.04855%	0.34684%
0.2	0.06154%	0.32668%
0.3	0.07453%	0.30653%
0.4	0.08752%	0.28638%
0.5	0.10051%	0.26623%
0.6	0.11350%	0.24607%
0.7	0.12649%	0.22592%
0.8	0.13948%	0.20577%
0.9	0.15247%	0.18561%
1	0.16546%	0.16546%

Fuente: elaboración propia.

De lo anterior, se obtiene lo siguiente:

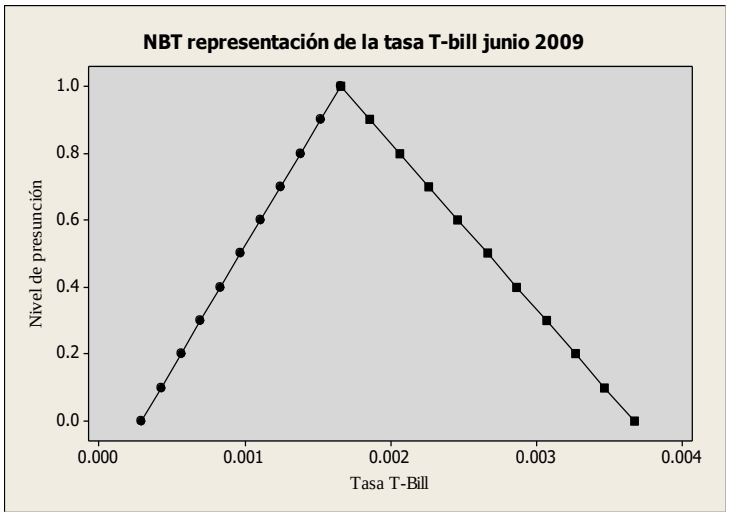


Figura 41. Representación gráfica del NBT de la tasa *T-bill*, para junio 2009.
Fuente: elaboración propia.

Igualmente, para el periodo de marzo del 2010, se tendrá (ver anexo 22):

Tabla 31. Tripleta de confianza para la *T-bill*, marzo 2010

Experto	A_1	A_2	A_3
1	1.00000%	1.50000%	1.75000%
2	0.12500%	0.15700%	0.16500%
3	0.25000%	1.25000%	1.75000%
4	0.13000%	0.16000%	0.21000%
NBT	0.37625%	0.76675%	0.96875%

Fuente: elaboración propia en base a datos de Banxico.

De lo cual se obtiene la siguiente representación:

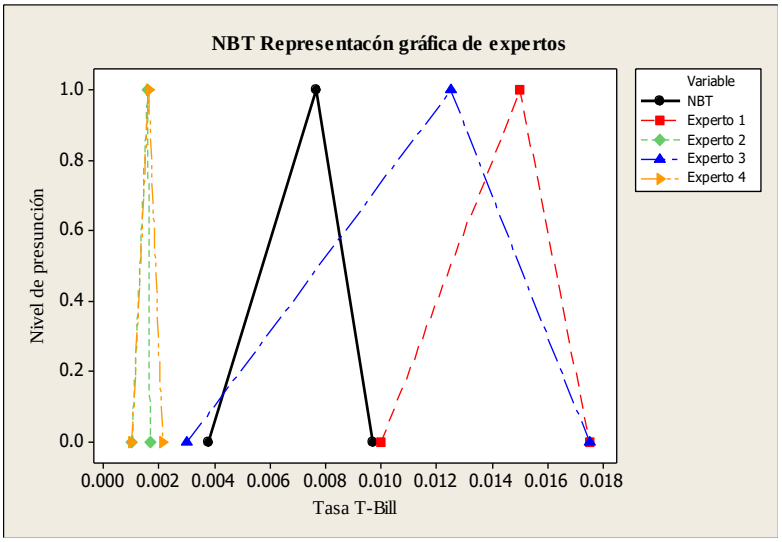


Figura 42. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos *T-bill*, marzo 2010.
Fuente: elaboración propia.

Donde se observa el significativo alejamiento entre el NBT agregado y la opinión de los expertos, esto puede ser generado por la política monetaria implementada por el gobierno de Estados Unidos, la cual consiste en bajar las tasas de interés de los bonos de la deuda. De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (0.37625 %, 0.76675 %, 0.96875 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 32. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, marzo 2010

α-corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	0.37625%	0.96875%
0.1	0.41530%	0.94855%
0.2	0.45435%	0.92835%
0.3	0.49340%	0.90815%
0.4	0.53245%	0.88795%
0.5	0.57150%	0.86775%
0.6	0.61055%	0.84755%
0.7	0.64960%	0.82735%
0.8	0.68865%	0.80715%
0.9	0.72770%	0.78695%
1	0.76675%	0.76675%

Fuente: elaboración propia.

Se obtiene así el siguiente gráfico del NBT:

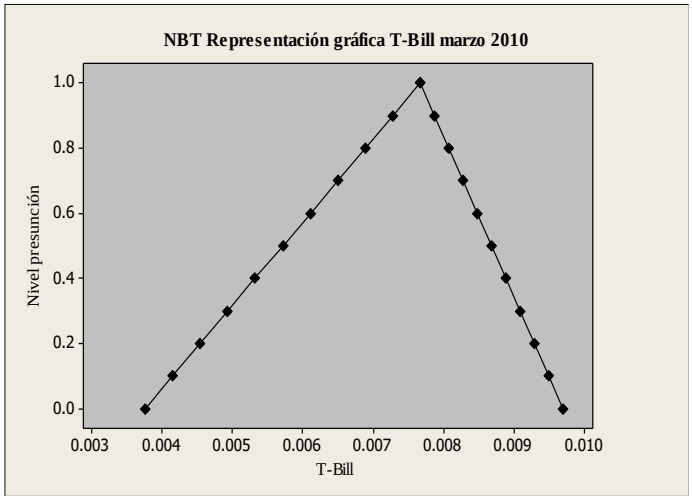


Figura 43. Representación gráfica de la tasa *T-bill* para marzo 2010.
Fuente: elaboración propia.

Para el periodo de junio del 2010 (ver anexo 23), se obtienen los resultados siguientes:

Tabla 33. Tripleta de confianza para la tasa *T-bill*, junio 2010

Experto	A_1	A_2	A_3
1	0.04289%	0.13204%	0.26836%
2	0.03688%	0.12625%	0.21562%
3	0.06554%	0.13001%	0.19447%
4	0.00130%	0.12000%	0.33299%
NBT	0.03665%	0.12707%	0.25286%

Fuente: elaboracion propia en base a datos de Banxico.

Se obtiene así la representación gráfica:

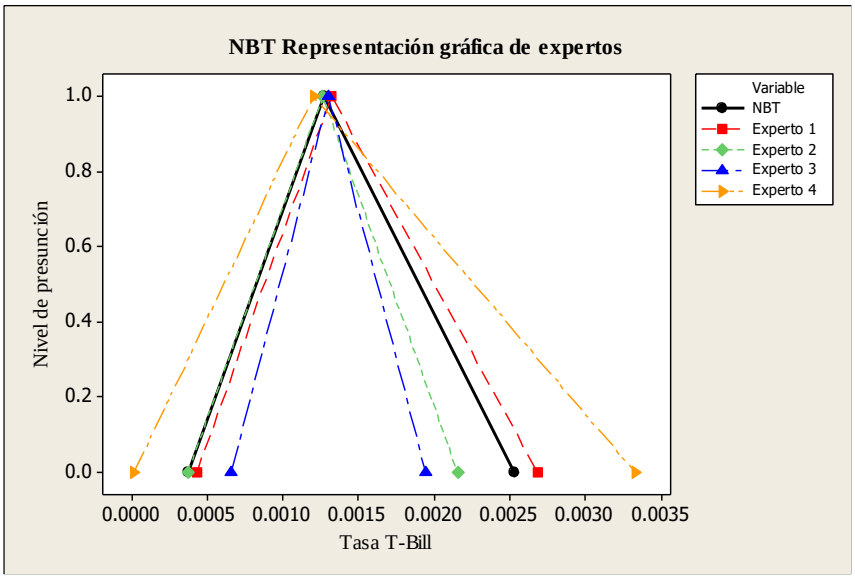


Figura 44. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y el NBT agregado (0.03665 %, 0.12707 %, 0.25286 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 34. Nivel de presunción para la tasa *T-bill*, junio 2010

α -corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	0.03665%	0.25286%
0.1	0.04570%	0.24028%
0.2	0.05474%	0.22770%
0.3	0.06378%	0.21512%
0.4	0.07282%	0.20254%
0.5	0.08186%	0.18997%
0.6	0.09091%	0.17739%
0.7	0.09995%	0.16481%
0.8	0.10899%	0.15223%
0.9	0.11803%	0.13965%
1	0.12707%	0.12707%

Fuente: elaboracion propia.

De lo anterior, se obtiene:

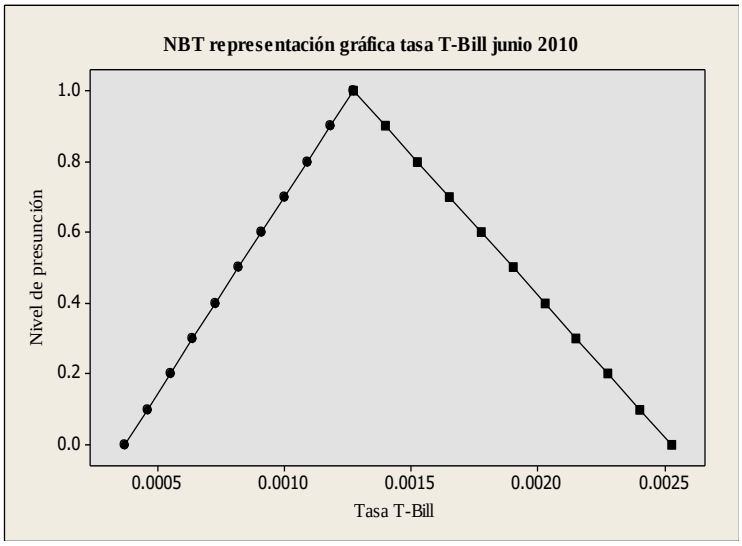


Figura 45. Representación gráfica de la tasa *T-bill* para junio 2010.
Fuente: elaboración propia.

Para el periodo de marzo del 2011 se realiza el mismo procedimiento, (ver anexo 24): obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 35. Tripleta de confianza para la tasa *T-bill*, marzo 2011

Experto	A_1	A_2	A_3
1	0.01310%	0.14153%	0.26995%
2	0.05617%	0.14250%	0.22827%
3	0.08000%	0.20000%	0.22430%
4	0.02894%	0.14004%	0.25168%
NBT	0.04455%	0.15602%	0.24355%

Fuente: elaboración propia.

De lo cual, se obtiene:

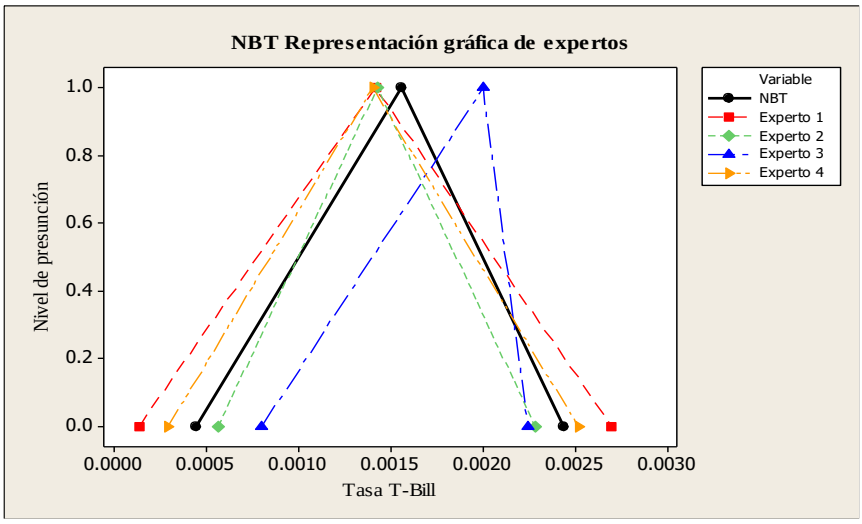


Figura 46. Representación gráfica de tripleta de confianza de expertos tasa *T-bill*, marzo 2011.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la expresión *α-corte* y al NBT agregado (0.04455 %, 0.15602 %, 0.24355 %), se asignan valores a α de acuerdo con la escala endecadaria en [0,1]. Para lo cual se tiene:

Tabla 36. Nivel de presunción para la tasa *T-bill* de marzo 2011

α -corte	$a_1 + \alpha(a_2 - a_1)$	$a_3 - \alpha(a_3 - a_2)$
0	0.04455%	0.24355%
0.1	0.05570%	0.23480%
0.2	0.06685%	0.22604%
0.3	0.07799%	0.21729%
0.4	0.08914%	0.20854%
0.5	0.10028%	0.19978%
0.6	0.11143%	0.19103%
0.7	0.12258%	0.18228%
0.8	0.13372%	0.17352%
0.9	0.14487%	0.16477%
1	0.15602%	0.15602%

Fuente: elaboración propia.

Se obteniendo el siguiente gráfico del NBT:

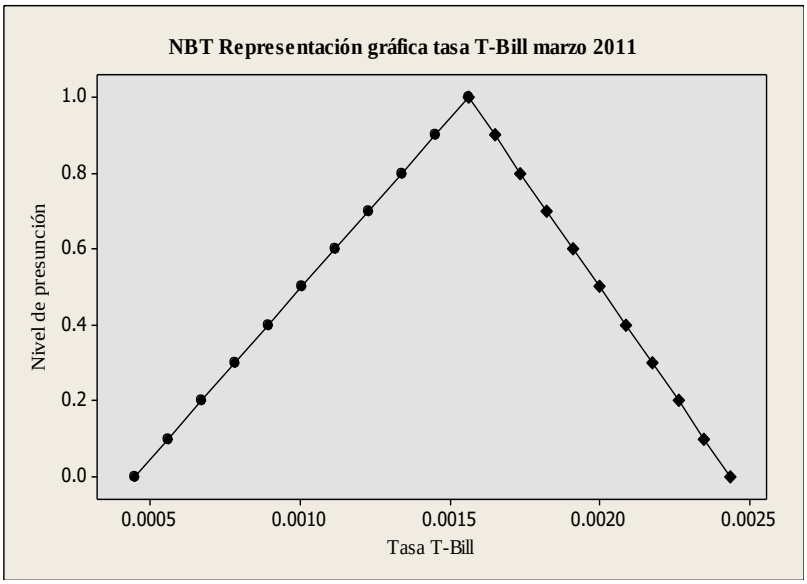


Figura 47. Representación gráfica del NBT de la tasa *T-bill* para marzo 2011.
Fuente: elaboración propia.

4.3 Determinación del precio de la opción cambiaria con la fuzificación de las variables, tipo de cambio, tasa de interés doméstica y tasa de interés foránea

Con base en los datos obtenidos con la fuzificación de las variables tipo de cambio, tasa de interés doméstica y tasa de interés foránea, para los periodos de marzo del 2009 a marzo del 2011, se realizan los cálculos para determinar el precio de la opción para el modelo B-S tradicional (ver anexo 8) y, el B-S con la fuzificación de las variables (ver anexo 25) basados en la siguiente fórmula:

$$C = Se^{-Rt}\,N(d_1) - Ke^{-rt}\,N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{ln\left(\frac{S}{K}\right) + (r - R + 0.5\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Donde:

C = Valor de opción *call*.

S = Tipo de cambio.

K = Precio de ejercicio.

r = Tasa de interés doméstica.

R = Tasa de interés externa.

σ = Desviación estándar de los rendimientos diarios del tipo de cambio *spot*.

e = Base del logaritmo neperiano (2.7182).

ln = Logaritmo neperiano.

$N(d_1)$ y $N(d_2)$ = Área bajo la curva de distribución normal estandarizada.

De lo anterior, se obtienen los siguientes resultados para el nivel de máxima presunción:

Tabla 37. Resultados obtenidos en el nivel de máxima presunción

Periodo	B-S Tradicional	Mercado derivados	B-S fuzificación variables
Marzo-01-2009	0.21502	1.13200	0.30833
Junio-01-2009	0.42840	1.51000	0.67886
Marzo-01-2010	0.14275	0.90400	0.15643
Junio-01-2010	0.10905	0.36000	0.15468
Marzo-01-2011	0.13369	0.32300	0.26730

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los valores obtenidos con la máxima presunción, se observa que con base en la fuzificación de las variables que intervienen en la determinación de una opción, es posible disminuir el grado de incertidumbre existente entre el Mex-Der y el modelo B-S tradicional, como lo muestra la siguiente gráfica:

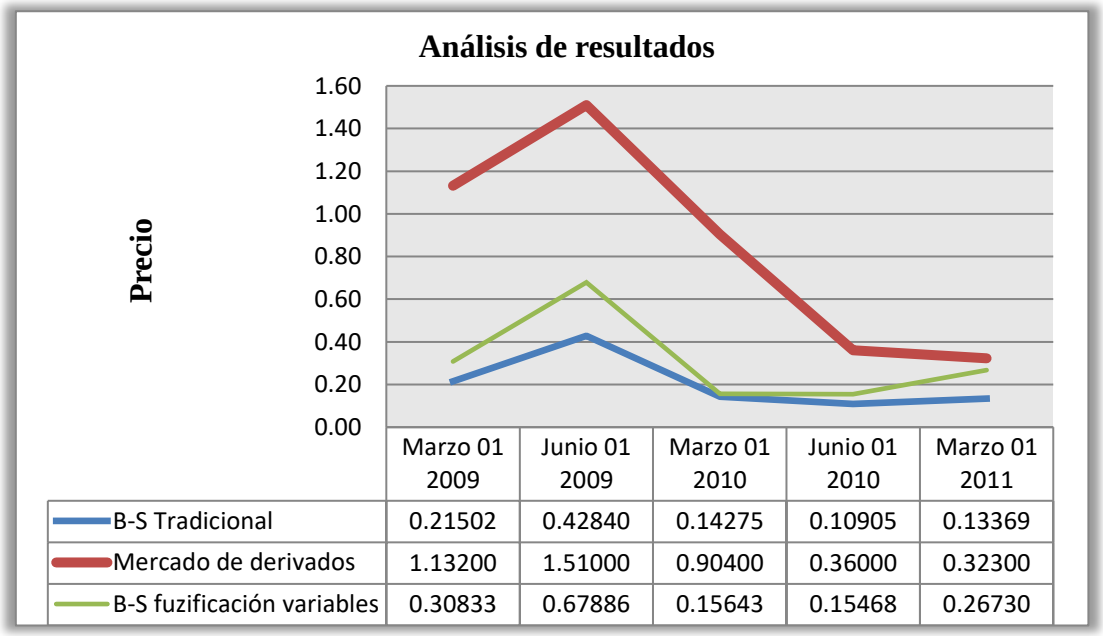


Figura 48. Comparación del precio de una opción cambiaria en el nivel de máxima presunción.
Fuente: elaboración propia.

Al analizar la gráfica se puede observar significativamente un incremento en el costo de la prima, en el año 2009, consecuencia de la alta volatilidad de los mercados financieros, así como la crisis hipotecaria generada en Estados Unidos en el año 2008. A partir del año 2010,

se observa una baja en el costo de la prima con tendencia a cierta estabilidad hasta marzo del 2011. Es importante resaltar el efecto de la política monetaria impuesta por la FED, como la disminución de la tasa de los bonos de tesoro *T-bill*, la cual se encuentra directamente correlacionada con la baja de los bonos de deuda de México (cetes) en el mercado financiero; y como consecuencia la repercusión en el costo de la prima.

En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtienen para el extremo superior:

Tabla 38. Resultados obtenidos para la presunción del extremo superior

Periodo	BS- Tradicional	Mercado derivados	B-S fuzificación variables
Marzo-01-2009	0.21502	1.13200	0.55297
Junio-01-2009	0.42840	1.51000	1.11685
Marzo-01-2010	0.14275	0.90400	0.71424
Junio-01-2010	0.10905	0.36000	0.39065
Marzo-01-2011	0.13369	0.32300	0.64292

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los valores obtenidos en el extremo superior, se observa que los resultados del B-S con fuzificación de variables se acercan considerablemente al valor registrado en el Mex-Der; por lo que el grado de incertidumbre disminuye de manera significativa. En la figura 49, se puede observar el *spread* existente entre los métodos, e inclusive se aprecia como la curva sigue cierta similitud en el periodo del junio de 2009, con tendencia a la baja en los siguientes años. Sin embargo, en el mes de marzo del 2011, se obtiene un dato mayor que en el mercado real; esta diferencia puede estar generada por el efecto de la volatilidad que influye directamente en el precio de la opción. Es importante señalar que el Mex-Der determina la volatilidad en forma discrecional como se ha observado en la información publicada por el mismo.

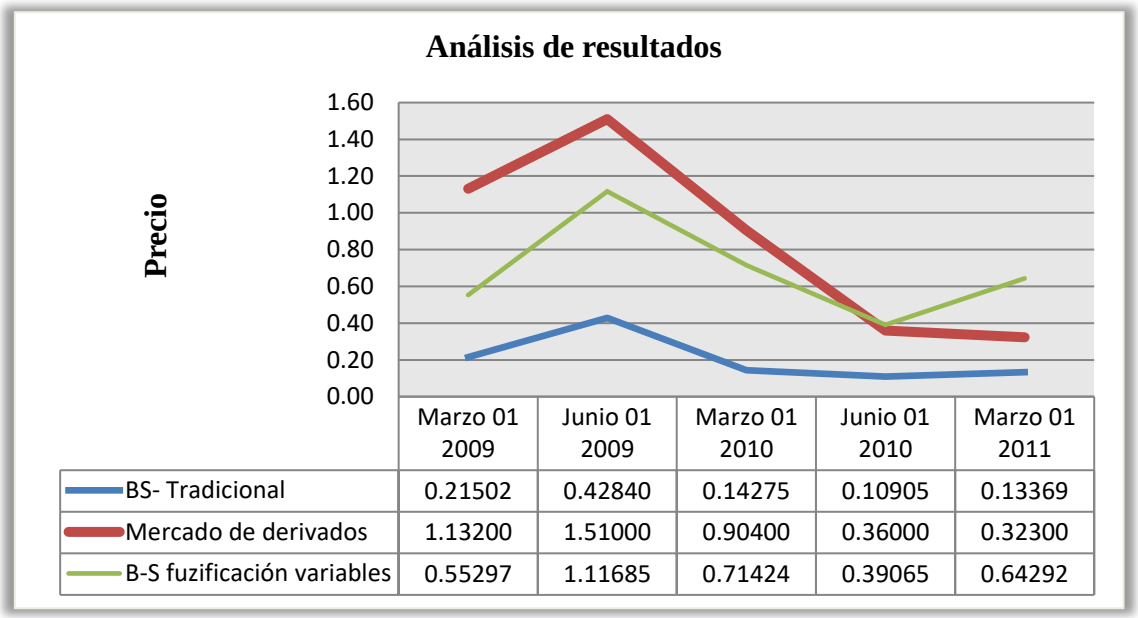


Figura 49. Comparación del precio de una opción cambiaria en el extremo superior.
Fuente: elaboración propia.

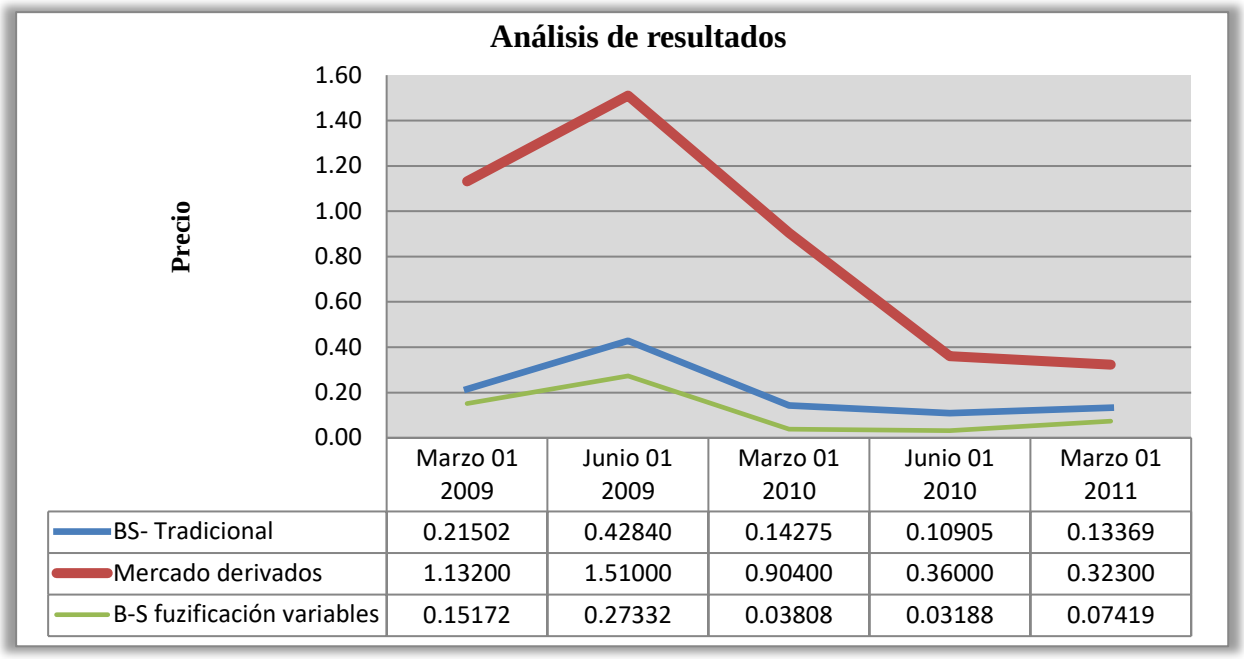
En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtienen para el extremo inferior:

Tabla 39. Resultados obtenidos para la presunción del extremo inferior

Periodo	BS- Tradicional	Mercado derivados	B-S fuzificación variables
Marzo-01-2009	0.21502	1.13200	0.15172
Junio-01-2009	0.42840	1.51000	0.27332
Marzo-01-2010	0.14275	0.90400	0.03808
Junio-01-2010	0.10905	0.36000	0.03188
Marzo-01-2011	0.13369	0.32300	0.07419

Fuente: elaboración propia.

Para el extremo inferior, que representa la mínima expresión de la fuzificación de las variables; los valores obtenidos en el B-S con fuzificación de variable son menores que los valores obtenidos en el B-S tradicional y los valores registrados en el Mex-Der, como se muestra en la siguiente gráfica:



	Marzo 01 2009	Junio 01 2009	Marzo 01 2010	Junio 01 2010	Marzo 01 2011
BS- Tradicional	0.21502	0.42840	0.14275	0.10905	0.13369
Mercado derivados	1.13200	1.51000	0.90400	0.36000	0.32300
B-S fuzificación variables	0.15172	0.27332	0.03808	0.03188	0.07419

Figura 50. Comparación del precio de una opción cambiaria en el extremo inferior.
Fuente: elaboración propia.

En el peor de los casos el precio de la opción queda por debajo del valor obtenido en el B-S tradicional, sin embargo, hay que considerar que los eventos extremos son de gran impacto pero de mínima posibilidad.

Para este caso, se analizaron los datos obtenidos en el nivel de máxima presunción y los extremos inferior y superior; dentro de este rango existen diferentes niveles de presunción, de los cuales el inversor puede elegir para la toma de decisión. Dado lo anterior, se concluye que considerando el ambiente difuso de los mercados financieros sí es posible disminuir el sesgo estadístico existente entre el Mex-Der y el modelo B-S tradicional.

4.4 Análisis de la evaluación económica y financiera con el uso de coberturas cambiarias en el financiamiento

El método de valor presente neto (VPN) y la tasa interna de rendimiento (TIR) son técnicas cuantitativas básicas para la toma de decisiones financieras que permite evaluar una inversión de capital en un periodo de tiempo, la cual está expresada en la siguiente fórmula (Ross, Westerfield y Jaffe, 2005, p. 71).

$$VPN = -I_0 + \frac{FE_1}{(1+i)^1} + \frac{FE_2}{(1+i)^2} \dots\dots + \frac{FE_n}{(1+i)^n} = -I_0 + \sum_{j=1}^{n} \frac{FE_i}{(1+i)^n}$$

Donde:

$VPN = Valor\ presente\ neto.$

$I_0 = Inversión\ Inicial\ del\ proyecto.$

$i = Costo\ de\ capital\ o\ tasa\ de\ interés.$

$n = Horizonte\ del\ proyecto.$

$FE = Flujo\ efectivo.$

El valor final del VPN es positivo cuando los flujos de efectivo neto o descontado (FEN) a una tasa de interés son mayores a la inversión inicial, por lo que se puede establecer la aceptación del proyecto; el cual permite recuperar la inversión en el tiempo establecido de la vida del mismo. Ocurre lo contrario cuando es mayor la inversión en relación al FEN, representado por una VPN negativa, se dice que no se recupera la inversión, es decir, se rechaza el proyecto (I_0 >FEN). Cuando al ajustar la tasa de interés se obtiene una igualdad entre el FEN y la inversión, representado por un valor presente igual a cero, se obtiene la tasa interna de rendimiento (TIR),

con lo que se puede establecer el siguiente supuesto para la toma de decisiones en la inversión para un proyecto:

VPN positivo = I_0 > FEN, se recupera la inversión a la tasa de interés establecida.

VPN negativo = I_0 < FEN, no se recupera la inversión a la tasa de interés establecida.

VPN cero = I_0 = FEN, se obtiene la tasa interna de rendimiento (TIR).

Cuando *t* es igual a 1 año, 2 años... 5 años, se tiene el siguiente coeficiente:

$$\frac{1}{(1+i_1)}, \frac{1}{(1+i_1)} \cdot \frac{1}{(1+i_2)}, \dots\dots, \frac{1}{(1+i_1)} \cdot \frac{1}{(1+i_2)} \cdot \frac{1}{(1+i_3)} \cdot \frac{1}{(1+i_4)} \cdot \frac{1}{(1+i_5)}$$

Para ejemplificar se considera la organización acuícola Granja Rio Azul, S.A. de C.V., la cual pretende adquirir financiamiento por $1'335,411.00 m.n., o su equivalente en dólares, para habilitar 10 hectáreas de cultivo de camarón, para lo cual tiene dos alternativas: financiamiento en monada nacional (proyecto A) y financiamiento en dólares con uso de cobertura (proyecto B), a 5 años. Para este estudio se asume el equivalente de solicitar la opinión de consultores que se dedican al análisis de proyectos de inversiones, el cual se denomina experto, para este caso se establecen 5 expertos; los cuales de acuerdo a su experiencia en el área han estimado los flujos de efectivo proforma y la tasa de interés de cada periodo, éstos son expresadas en forma de número borroso triangular. Las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 40. Flujo de efectivo y tasas de interés representadas en NBT para el proyecto Ay B, a cinco años

Año	Flujo de efectivo proyecto A	Flujo de efectivo proyecto B	Tasa de interés
0	– 1,335,411.00	– 1,335,411.00	r m s
1	(383746.07, 503446.07, 588946.07)	(562842.36, 682542.36, 768042.36)	(0.07, 0.08, 0.09)
2	(416236.07, 506011.07, 613741.07)	(595332.36, 685107.36, 792837.36)	(0.06, 0.07, 0.08)
3	(356086.82, 469203.32, 601172.57)	(535183.11, 648299.61, 780268.86)	(0.05, 0.06, 0.07)
4	(367398.47, 486170.79, 644533.89)	(546494.76, 665267.08, 823630.18)	(0.04, 0.05, 0.06)
5	(586137.50, 690063.28, 877129.69)	(765233.79, 869159.58, 1,056,225.99)	(0.03, 0.04, 0.05)

Fuente: elaboración propia.

Mediante la expresión *α-corte*, se obtiene el siguiente resultado para el flujo de efectivo:

Tabla 41. Intervalos de los flujos de efectivo en la expresión *α-corte* para el proyecto A

Flujo de efectivo	Intervalo de confianza
FF_1	[383746.07 + 119700α, 588946.07 – 85500α]
FF_2	[416236.07 + 89775α, 413741.07 – 107730α]
FF_3	[356086.82 + 113116.50α, 601172.57 – 131969.25α]
FF_4	[367398.47 + 118772.33α, 644533.89 – 158363.10α]
FF_5	[586137.50 + 103925.78α, 877129.69 – 187066.41α]

Fuente: elaboración propia.

Para la tasa de interés se tiene:

Tabla 42. Intervalos de la tasa de interés en la expresión *α-corte*

Interés	Intervalo de confianza
i_1	[0.07 + 0.01α, 0.09 – 0.01α]
i_2	[0.06 + 0.01α, 0.08 – 0.01α]
i_3	[0.05 + 0.01α, 0.07 – 0.01α]
i_4	[0.04 + 0.01α, 0.06 – 0.01α]
i_5	[0.03 + 0.01α, 0.05 – 0.01α]

Fuente: elaboración propia.

Según Kaufmann y Gil-Aluja (1986, p. 75) el factor de actualización, para la tasa de interés, a través de un NBT en forma de *α-corte* es expresado en el siguiente intervalo de confianza:

$$\frac{1}{1+[r_k^{(\alpha)},\ s_k^{(\alpha)}]} = \frac{1}{[1+r_k^{(\alpha)}, 1+s_k^{(\alpha)}]} = \left[\frac{1}{1+s_k^{(\alpha)}}, \frac{1}{1+r_k^{(\alpha)}}\right]$$

Y con base en el criterio del VPN borroso para evaluar el proyecto con tasas de interés imprecisas y factores de actualización inciertos a través del tiempo, expresados en NBT, se tiene:

$$V_\alpha = -A_0 + A_1\left[\frac{1}{1+s_1(\alpha)}, \frac{1}{1+r_1(\alpha)}\right]$$

$$+A_2\left[\frac{1}{(1+s_1(\alpha))(1+s_2(\alpha))}, \frac{1}{(1+r_1(\alpha))(1+r_2(\alpha))}\right]$$

$$+\cdots+A_n\left[\frac{1}{(1+s_1(\alpha))(1+s_2(\alpha))\ldots(1+s_n(\alpha))}, \frac{1}{(1+r_1(\alpha))(1+r_2(\alpha))\ldots(1+r_n(\alpha))}\right]$$

Al aplicar esta expresión al proyecto A, se obtienen los números borrosos V_α para el primer año:

Tabla 43. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el primer año

				Factor de descuento borroso			
α	A_o	383,746.07+119,700α	588,946.07+85,500α	1/1.09-0.01α	1/1.07+0.01α	Total	1er año
0	-1,335,411.00	383,746.07	588,946.07	0.917431	0.934579	352,060.61	550,416.89
0.1	-1,335,411.00	395,716.07	580,396.07	0.918274	0.933707	363,375.64	541,919.77
0.2	-1,335,411.00	407,686.07	571,846.07	0.919118	0.932836	374,711.46	533,438.50
0.3	-1,335,411.00	419,656.07	563,296.07	0.919963	0.931966	386,068.14	524,973.04
0.4	-1,335,411.00	431,626.07	554,746.07	0.920810	0.931099	397,445.74	516,523.34
0.5	-1,335,411.00	443,596.07	546,196.07	0.921659	0.930233	408,844.30	508,089.37
0.6	-1,335,411.00	455,566.07	537,646.07	0.922509	0.929368	420,263.90	499,671.07
0.7	-1,335,411.00	467,536.07	529,096.07	0.923361	0.928505	431,704.59	491,268.40
0.8	-1,335,411.00	479,506.07	520,546.07	0.924214	0.927644	443,166.42	482,881.33
0.9	-1,335,411.00	491,476.07	511,996.07	0.925069	0.926784	454,649.46	474,509.80
1	-1,335,411.00	503,446.07	503,446.07	0.925926	0.925926	466,153.77	466,153.77

Fuente: elaboración propia.

Para el segundo año se realiza el mismo procedimiento obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 44. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el segundo año

			Factor de descuento borroso			
α	416,236.07+89,775α	613,741.07-107,730α	1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)	Total	2do año
0	416,236.07	613,741.07	0.849473	0.881679	353,581.44	541,122.44
0.1	425,213.57	602,968.07	0.851041	0.880025	361,874.34	530,627.14
0.2	434,191.07	592,195.07	0.852614	0.878376	370,197.28	520,170.22
0.3	443,168.57	581,422.07	0.854191	0.876732	378,550.39	509,751.51
0.4	452,146.07	570,649.07	0.855772	0.875093	386,933.79	499,370.87
0.5	461,123.57	559,876.07	0.857357	0.873458	395,347.61	489,028.12
0.6	470,101.07	549,103.07	0.858947	0.871827	403,791.97	478,723.11
0.7	479,078.57	538,330.07	0.860542	0.870202	412,266.99	468,455.68
0.8	488,056.07	527,557.07	0.862140	0.868580	420,772.81	458,225.69
0.9	497,033.57	516,784.07	0.863744	0.866964	429,309.55	448,032.96
1	506,011.07	506,011.07	0.865351	0.865351	437,877.35	437,877.35

Fuente: elaboración propia.

Igualmente, para el tercer año se tiene:

Tabla 45. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el tercer año

			Factor de descuento borroso			
α	356,086.82+113,116.50α	601,172.57-131,969.25α	1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)(1.07-0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)(1.05+0.01α)	Total	3er año
0	356,086.82	601,172.57	0.793900	0.839694	282,697.43	504,801.01
0.1	367,398.47	587,975.64	0.796110	0.837322	292,489.52	492,324.86
0.2	378,710.12	574,778.72	0.798328	0.834959	302,334.70	479,916.45
0.3	390,021.77	561,581.79	0.800553	0.832604	312,233.27	467,575.41
0.4	401,333.42	548,384.87	0.802788	0.830259	322,185.52	455,301.35
0.5	412,645.07	535,187.94	0.805030	0.827922	332,191.75	443,093.92
0.6	423,956.72	521,991.02	0.807281	0.825594	342,252.26	430,952.73
0.7	435,268.37	508,794.09	0.809540	0.823275	352,367.35	418,877.42
0.8	446,580.02	495,597.17	0.811808	0.820964	362,537.32	406,867.62
0.9	457,891.67	482,400.24	0.814084	0.818662	372,762.48	394,922.98
1	469,203.32	469,203.32	0.816369	0.816369	383,043.13	383,043.13

Fuente: elaboración propia.

Para el cuarto año, se obtiene:

Tabla 46. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el cuarto año

α	367,398.47+118,772.33α	644,533.89-158,363.10α	Factor de decuento borroso 1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)(1.07-0.01α)(1.06-0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)(1.05+0.01α)(1.04+0.01α)	Total	4to año
0	367,398.47	644,533.89	0.748963	0.807398	275,167.69	520,395.43
0.1	379,275.70	628,697.58	0.751756	0.804344	285,122.85	505,688.98
0.2	391,152.93	612,861.27	0.754563	0.801304	295,149.47	491,088.11
0.3	403,030.16	597,024.96	0.757383	0.798278	305,248.05	476,592.08
0.4	414,907.40	581,188.65	0.760216	0.795267	315,419.08	462,200.18
0.5	426,784.63	565,352.34	0.763062	0.792270	325,663.06	447,911.67
0.6	438,661.86	549,516.03	0.765921	0.789287	335,980.50	433,725.83
0.7	450,539.09	533,679.72	0.768794	0.786318	346,371.91	419,641.96
0.8	462,416.33	517,843.41	0.771681	0.783363	356,837.80	405,659.35
0.9	474,293.56	502,007.10	0.774581	0.780422	367,378.69	391,777.29
1	486,170.79	486,170.79	0.777494	0.777494	377,995.10	377,995.10

Fuente: elaboración propia.

De la misma manera, para el quinto año se obtiene:

Tabla 47. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el quinto año

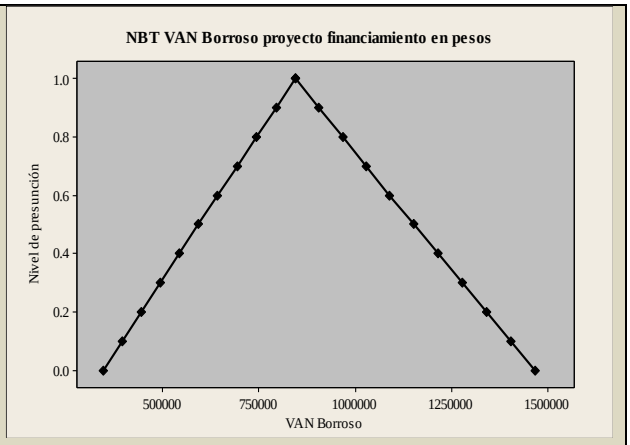
α	586,137.50+103,925.78α	877,129.69α-187,066.41α	Factor de descuento borroso 1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)(1.07-0.01α)(1.06-0.01α)(1.05-0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)(1.05+0.01α)(1.04+0.01α)(1.03+0.01α)	Total	5to año
0	586,137.50	877,129.69	0.713298	0.783882	418,090.51	687,565.87
0.1	596,530.08	858,423.05	0.716641	0.780159	427,497.78	669,706.33
0.2	606,922.66	839,716.41	0.720003	0.776457	436,985.97	652,003.89
0.3	617,315.23	821,009.77	0.723384	0.772777	446,555.72	634,457.21
0.4	627,707.81	802,303.13	0.726784	0.769117	456,207.72	617,065.02
0.5	638,100.39	783,596.49	0.730203	0.765478	465,942.63	599,826.03
0.6	648,492.97	764,889.85	0.733641	0.761860	475,761.15	582,738.97
0.7	658,885.55	746,183.21	0.737099	0.758262	485,663.94	565,802.58
0.8	669,278.13	727,476.57	0.740577	0.754685	495,651.71	549,015.61
0.9	679,670.70	708,769.93	0.744074	0.751128	505,725.16	532,376.82
1	690,063.28	690,063.28	0.747591	0.747591	515,884.98	515,884.98

Fuente: elaboración propia.

Dado lo anterior, se tiene el número borroso triangular del V_α A (346,186.69; 845,543.32; 1’468,890.63); del cual se obtiene el siguiente gráfico:

Tabla 48. Niveles de presunción y gráfico de NBT para VPN del proyecto A

α	V_{α}borroso	proyecto A
0	346,186.69	1,468,890.63
0.1	394,949.13	1,404,856.08
0.2	443,967.89	1,341,206.16
0.3	493,244. 8	1,277,938.25
0.4	542,780.85	1,215,049.76
0.5	592,578.36	1,152,538.10
0.6	642,638.78	1,090,400.71
0.7	692,963.78	1,028,635.05
0.8	743,555.07	967,238.60
0.9	794,414.34	906,208.85
1	845,543.32	845,543.32



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el máximo nivel de presunción del VPN para el proyecto A es de 845,543.32, en el peor de los casos el proyecto generaría un valor por tan sólo 346,186.69 y en el más optimista un valor por 1'468,890.63. Al analizar el financiamiento en pesos, se observa que los valores obtenidos en el VPN borroso de los flujos de efectivo son positivos, lo que significa que se recupera la inversión. Por lo tanto, se puede establecer que el VPN borroso, a través de un nivel de presunción determinado, presenta distintas posibilidades para evaluar una inversión.

Mediante la expresión *α-corte*, se obtienen los intervalos de confianza para el flujo de efectivo del proyecto B.

Tabla 49. Intervalos de los flujos de efectivo en la expresión *α-corte* para el proyecto B

Flujo de efectivo	Intervalo de confianza
FF_1	[562,842.36 + 119700α, 768042.36 – 85500α]
FF_2	[595332.36 + 89775α, 792837.36 – 107730α]
FF_3	[535183.11 + 113116.50α, 780268.386 – 131969.25α]
FF_4	[546494.76 + 118772.33α, 823630.18 – 158363.10α]
FF_5	[765233.79 + 103925.78α, 1056225.99 – 187066.41α]

Fuente: elaboración propia.

Con base en la expresión del VPN borroso, en el proyecto B, se obtienen los números borrosos para el primer año:

Tabla 50. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el primer año del proyecto B

				Factor de descuento borroso			
α	A_o	562,842.36 + 119,700α	768,042.36 + 85,500α	1/1.09 - 0.01α	1/1.07 + 0.01α	Total 1er año	
0	-1,335,411.00	562,842.36	768,042.36	0.91743	0.93458	516,369.14	717,796.60
0.1	-1,335,411.00	574,812.36	759,492.36	0.91827	0.93371	527,835.04	709,143.19
0.2	-1,335,411.00	586,782.36	750,942.36	0.91912	0.93284	539,322.02	700,505.93
0.3	-1,335,411.00	598,752.36	742,392.36	0.91996	0.93197	550,830.14	691,884.77
0.4	-1,335,411.00	610,722.36	733,842.36	0.92081	0.93110	562,359.45	683,279.66
0.5	-1,335,411.00	622,692.36	725,292.36	0.92166	0.93023	573,910.01	674,690.57
0.6	-1,335,411.00	634,662.36	716,742.36	0.92251	0.92937	585,481.88	666,117.43
0.7	-1,335,411.00	646,632.36	708,192.36	0.92336	0.92851	597,075.12	657,560.22
0.8	-1,335,411.00	658,602.36	699,642.36	0.92421	0.92764	608,689.80	649,018.89
0.9	-1,335,411.00	670,572.36	691,092.36	0.92507	0.92678	620,325.96	640,493.38
1	-1,335,411.00	682,542.36	682,542.36	0.92593	0.92593	631,983.67	631,983.67

Fuente: elaboración propia.

Para el segundo año se realiza el mismo procedimiento obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 51. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el segundo año

			Factor de descuento borroso			
α	595.332.36 + 89,775α	792,837.36 -107,730α	1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)	Total 2do año	
0	595,332.36	792,837.36	0.84947	0.88168	505,718.96	699,027.83
0.1	604,309.86	782,064.36	0.85104	0.88003	514,292.69	688,236.40
0.2	613,287.36	771,291.36	0.85261	0.87838	522,897.25	677,484.19
0.3	622,264.86	760,518.36	0.85419	0.87673	531,532.75	666,771.02
0.4	631,242.36	749,745.36	0.85577	0.87509	540,199.33	656,096.74
0.5	640,219.86	738,972.36	0.85736	0.87346	548,897.10	645,461.17
0.6	649,197.36	728,199.36	0.85895	0.87183	557,626.21	634,864.17
0.7	658,174.86	717,426.36	0.86054	0.87020	566,386.78	624,305.57
0.8	667,152.36	706,653.36	0.86214	0.86858	575,178.95	613,785.20
0.9	676,129.86	695,880.36	0.86374	0.86696	584,002.83	603,302.92
1	685,107.36	685,107.36	0.86535	0.86535	592,858.57	592,858.57

Fuente: elaboración propia.

Igualmente, para el tercer año se tiene:

Tabla 52. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el tercer año

			Factor de descuento borroso			
α	535,183.11+113,116.5α	780,268.86-131,969.25α	1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)(1.07-0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)(1.05+0.01α)	Total 3er año	
0	535,183.11	780,268.86	0.79390	0.83969	424,882.03	655,187.09
0.1	546,494.76	767,071.93	0.79611	0.83732	435,069.83	642,286.10
0.2	557,806.41	753,875.01	0.79833	0.83496	445,312.20	629,454.45
0.3	569,118.06	740,678.08	0.80055	0.83260	455,609.43	616,691.75
0.4	580,429.71	727,481.16	0.80279	0.83026	465,961.82	603,997.62
0.5	591,741.36	714,284.23	0.80503	0.82792	476,369.68	591,371.69
0.6	603,053.01	701,087.31	0.80728	0.82559	486,833.32	578,813.58
0.7	614,364.66	687,890.38	0.80954	0.82327	497,353.05	566,322.91
0.8	625,676.31	674,693.46	0.81181	0.82096	507,929.16	553,899.30
0.9	636,987.96	661,496.53	0.81408	0.81866	518,561.98	541,542.40
1	648,299.61	648,299.61	0.81637	0.81637	529,251.82	529,251.82

Fuente: elaboración propia.

Para el cuarto año, se obtiene:

Tabla 53. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el cuarto año

			Factor de descuento borroso			
α	546,494.76+118,772.33α	823,630.18-158,363.1α	1/(1.09-0.01α)(1.08-0.01α)(1.07-0.01α) (1.06 - 0.01α)	1/(1.07+0.01α)(1.06+0.01α)(1.05+0.01α) (1.04 + 0.01α)	Total	4to año
0	546,494.76	823,630.18	0.74896	0.80740	409,304.11	664,997.44
0.1	558,371.99	807,793.87	0.75176	0.80434	419,759.60	649,743.97
0.2	570,249.22	791,957.56	0.75456	0.80130	430,288.88	634,598.66
0.3	582,126.46	776,121.25	0.75738	0.79828	440,892.47	619,560.77
0.4	594,003.69	760,284.94	0.76022	0.79527	451,570.87	604,629.55
0.5	605,880.92	744,448.63	0.76306	0.79227	462,324.61	589,804.27
0.6	617,758.15	728,612.32	0.76592	0.78929	473,154.18	575,084.20
0.7	629,635.39	712,776.01	0.76879	0.78632	484,060.13	560,468.60
0.8	641,512.62	696,939.70	0.77168	0.78336	495,042.97	545,956.75
0.9	653,389.85	681,103.39	0.77458	0.78042	506,103.24	531,547.95
1	665,267.08	665,267.08	0.77749	0.77749	517,241.47	517,241.47

Fuente: elaboración propia.

De la misma manera, para el quinto año se obtiene:

Tabla 54. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el quinto año

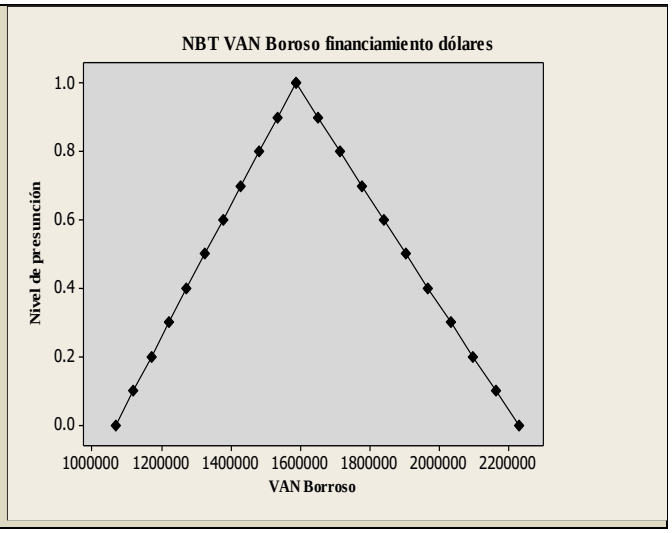
			Factor de descuento borroso			
α	765,233.79+103,925.78α	1,056,225.99-187,066.41α	1/(1.09 - 0.01α)(1.08 - 0.01α)(1.07 - 0.01α) (1.06 - 0.01α)(1.05 - 0.01α)	1/(1.07 + 0.01α)(1.06 + 0.01α)(1.05+0.01α) (1.04 + 0.01α)(1.03 + 0.01α)	Total	5to. año
0	765,233.79	1,056,225.99	0.71330	0.78388	545,839.48	827,956.16
0.1	775,626.37	1,037,519.35	0.71664	0.78016	555,845.49	809,429.89
0.2	786,018.95	1,018,812.71	0.72000	0.77646	565,935.79	791,064.50
0.3	796,411.53	1,000,106.06	0.72338	0.77278	576,111.04	772,858.65
0.4	806,804.10	981,399.42	0.72678	0.76912	586,371.96	754,811.04
0.5	817,196.68	962,692.78	0.73020	0.76548	596,719.23	736,920.34
0.6	827,589.26	943,986.14	0.73364	0.76186	607,153.56	719,185.27
0.7	837,981.84	925,279.50	0.73710	0.75826	617,675.65	701,604.54
0.8	848,374.42	906,572.86	0.74058	0.75468	628,286.23	684,176.88
0.9	858,767.00	887,866.22	0.74407	0.75113	638,986.01	666,901.03
1	869,159.58	869,159.58	0.74759	0.74759	649,775.72	649,775.73

Fuente: elaboración propia.

Dado lo anterior se tiene el número borrosos triangular del V_α B (1’066,702.72; 1’585,700.25; 2’229,554.12) del cual se obtiene el siguiente gráfico:

Tabla 55. Niveles de presunción y gráfico de NBT para VPN del proyecto B

α	V_α borroso proyecto B	
0	1,066,702.72	2,229,554.12
0.1	1,117,391.66	2,163,42 .55
0.	1,168,345.14	2,097,696.72
0.3	1,219,564.83	2,032,355.96
0.4	1,271,052.43	1,967,403.61
0.5	1,322,809.63	1,902,837.05
0.6	1,374,838.16	1,838,653.65
0.7	1,427,139.74	1,774,850.84
0.8	1,479,716.11	1,711,426.03
0.9	1,532,569.02	1,648,376.68
1	1,585,700.25	1,585,700.25



Fuente: elaboración propia.

Al analizar el financiamiento en dólares del VPN borroso, se puede observar que los valores obtenidos de los flujos de efectivo son positivos, lo que significa que se recupera la inversión; con un máximo nivel de presunción de 1’585,700.25, siendo el valor de mínima posibilidad de ocurrencia el de 1’066,702.72 y en el más optimista de los casos 2’229,554.12.

Tabla 56. Niveles de presunción para VPN del proyecto A y B

α	V_α borroso proyecto A		V_α borroso proyecto B	
0	346,186.69	1,468,890.63	1,066,702.72	2,229,554.12
0.1	394,949.13	1,404,856.08	1,117,391.66	2,163,428.55
0.2	443,967.89	1,341,206.16	1,168,345.14	2,097,696.72
0.3	493,244.58	1,277,938.25	1,219,564.83	2,032,355.96
0.4	542,780.85	1,215,049.76	1,271,052.43	1,967,403.61
0.5	592,578.36	1,152,538.10	1,322,809.63	1,902,837.05
0.6	642,638.78	1,090,400.71	1,374,838.16	1,838,653.65
0.7	692,963.78	1,028,635.05	1,427,139.74	1,774,850.84
0.8	743,555.07	967,238.60	1,479,716.11	1,711,426.03
0.9	794,414.34	906,208.85	1,532,569.02	1,648,376.68
1	845,543.32	845,543.32	1,585,700.25	1,585,700.25

Fuente: elaboración propia.

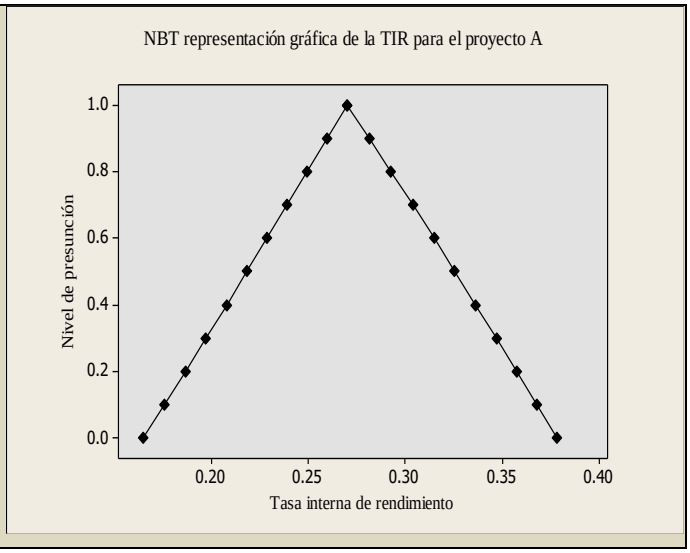
Al comparar los dos proyectos se determina que el proyecto B puede generar en la incertidumbre 1.87 (1’585,700.25/845,543.32) veces más valor que el proyecto A.

Determinación de la TIR para proyecto acuícola con financiamiento en dólares.

Al analizar el financiamiento en pesos, se determina la TIR borrosa, ésta establece la capacidad del proyecto para la recuperación mínima de la inversión a una tasa de rendimiento o corte, en donde el inversor puede definir la TIR mínima para su aceptación, en la inversión del proyecto con financiamiento en pesos. Para el caso particular de empresas acuícolas, cada ciclo productivo es anual y la mayor inversión está representada en bienes de capital, por lo que el resultado obtenido con base en la aplicación de la TIR borroso representa los distintos valores de decisión. El valor de máxima presunción NBT, es igual a 26.98 %, para límite superior es a 37.81 % y para el límite inferior de 16.45 %, por lo que tienen distintos valores que permiten establecer la aceptación o rechazo del proyecto, esto es, que dependerá de las expectativas del inversor y por el nivel riesgo, como en el caso particular del sector acuícola considerada como actividad de alto riesgo. Sin embargo, si se analizan los rendimientos otorgados en una inversion de cetes del mercado de dinero es del 4.38 % con un riesgo cero o mínimo y considerando la prima de riesgo, de un rendimiento 6.57 %, por lo que el resultado de una alta tasa de retorno de la inversión (TIR) considerando la mínima presunción que equivale a la aplicación de la TIR tradicional. Esto permite tener una serie de posibilidades para la toma de decisiones por los inversionistas y poder tomar una mejor decisión considerando los escenarios futuros que se pueden dar.

Tabla 57. Niveles de presunción y gráfico del NBT para la TIR del proyecto A

α-corte	TIR borroso A	
0	16.45%	37.81%
0.1	17.54%	36.78%
0.2	18.61%	35.73%
0.3	19.68%	34.68%
0.4	20.74%	33.62%
0.5	21.80%	32.54%
0.6	22.85%	31.46%
0.7	23.89%	30.36%
0.8	24.93%	29.25
0.9	25.96%	28.12%
1	26.98%	26.98%



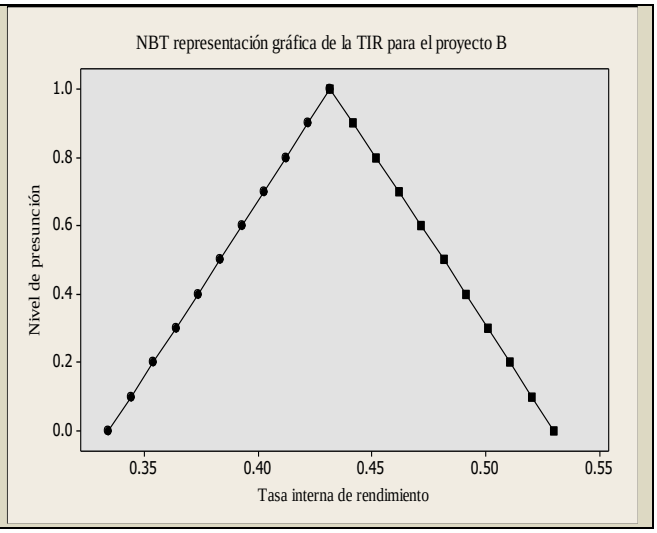
Fuente: elaboración propia.

El analisis del financiamiento en dólares con cobertura la cual es otorgada por los comercializadores realizado por contrato en dólares, a la tasa libor del 2.25 % anual considerada en el flujo de efectivo por cada uno de los años. Se determina la TIR con base en los flujos de efectivo borrosos, con lo que se establece la capacidad del proyecto para la recuperación mínima a una tasa de rendimiento o corte, en donde el inversionista puede definir la TIR mínima para aceptación, en la inversión de proyecto con financiamiento en dolares con cobertura. Para el caso particular de empresas acuícolas, cada ciclo productivo es anual y la mayor inversión en activos de capital, por lo que el resultado obtenido con base en la aplicación del TIR borroso es obtener distintos valores. El valor de maxima presunción (1) NBT, es igual a 43.14 %, para límite inferior (0) es a 33.41 % y para el límite superior de 52.97 %, por lo que se tienen distintos valores que permiten establecer la aceptación o rechazo de una proyecto con financiamiento en dólares. En el caso de financiamiento en dólares, el inversor está expuesto a un riesgo cambiario, ya sea por la volalitilidad de los mercados financieros o por la devaluación de la moneda, lo que implicaría un mayor pago de intereses que puede provocar una pérdida cambiaria y resultados negativos en los flujos de efectivo, con tasas negativas de rentabilidad como la TIR. Sin embargo, el uso de cobertura le permite a

la organización cubrirse ante las variaciones del tipo de cambio, como se puede observar se tienen una mayor tasa interna de rendimiento en comparación, al financiamiento en pesos o moneda nacional.

Tabla 58. Niveles de presunción y gráfico del NBT para la TIR del proyecto B

α	TIR borroso A	
0	33.41%	33.41%
0.1	34 40%	34.40%
0.2	35.38%	35.38%
0.3	36.36%	36.36%
0.4	37.34%	37.34%
0.5	38.32%	38.32%
0.6	39.29%	39.29%
0.7	40.25%	40.25%
0.8	41.22%	41.22%
0.9	42.18%	42.18%
1	43.14%	43.14%



Fuente: elaboración propia.

4.5 Planteamiento estadístico de la hipótesis

Con el propósito de someter a prueba la hipótesis planteada al inicio de la investigación y determinar si es aceptada o rechazada, se pronostican las variables independientes tipo de cambio, tasa de interés doméstica y foránea, utilizados para la determinación del precio de una opción en el mercado de derivados de México. Los datos obtenidos se fuzificaron, mediante *α-corte* se obtienen diferentes niveles de presunción entre 0 y 1. Durante el periodo comprendido de marzo del 2009 a marzo del 2011, con lo cual se determinan los distintos precios al aplicar el modelo Black-Scholes. Al analizar los resultados ¿es posible determinar

que el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables, sea mayor que el calculado mediante el modelo B-S tradicional?

Se usa el proceso de prueba de hipótesis de acuerdo a Lind, Marchal y Mason (p. 385, 2004):

1. Establecimiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

La hipótesis nula es que no hay diferencia en el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S tradicional y el modelo B-S con fuzificación de variables. La hipótesis alternativa es que el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables, es mayor que el precio calculado en el modelo B-S tradicional. Se usará BSD para el modelo B-S con fuzificación de variables y BST para el modelo B-S tradicional. La hipótesis nula y la hipótesis alternativa son:

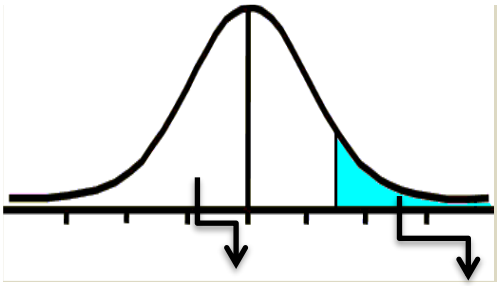
$$H_0: M_{BSD} \leq M_{BST} \rightarrow M_{BSD} - M_{BST} \leq 0$$

$$H_1: M_{BSD} > M_{BST} \rightarrow M_{BSD} - M_{BST} > 0$$

2. Nivel de significancia.

Para la obtención de las pruebas de nivel de significancia para cada hipótesis, se consideran 0.05, 0.10 y 0.20; para este caso se establece la prueba de una cola y los valores determinados por la tabla *t-student,* los cuales se muestran en la siguiente figura:

gl = 8, $t_{.05}$= 1.86, $t_{.10}$= 1.40, $t_{.20}$ = 0.890



Región de aceptación *Región de rechazo*

Se acepta H_0 si t_c Є (-∞, 1.86, 1,40, 0.890)

Se rechaza H_1 si t_c Є (1.86, 1.40, 0.890, ∞)

3. Determinación del valor estadístico de prueba.

Se utiliza la *t-student* como estadístico de prueba.

$gl = n^1 + n^2 - 2$

Varianza conjunta:

$$s^2p = \frac{(n-1){s_1}^2 + (n-1){s_2}^2}{n^1 + n^2 - 2}$$

Donde:

s_1^2p = es la varianza (desviación estándar al cuadrado) de la primera muestra.

s_2^2p = es la varianza (desviación estándar al cuadrado) de la segunda muestra.

Prueba de dos muestras para las medias, muestras pequeñas:

$$t = \frac{M_1 + M_2}{\sqrt{s^2p\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Donde:

M_1 = es la media de la primera muestra.

M_2 = es la media de la segunda muestra.

n_1 = *es el número de elementos en la primera muestra.*

n_2 = *es el número de elementos en la primera muestra.*

s^2p = *es la estimación combinada de la varianza de la población.*

4. Regla de decisión.

El nivel de significancia es 0.05, 0.10 y 0.20, el estadístico de prueba es la tabla *t-student*, y se desea determinar si el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables es mayor que el calculado mediante el modelo B-S tradicional. La hipótesis alternativa establecida señala que el precio de una opción cambiaria calculado mediante el modelo B-S con fuzificación de variables, es mayor que el calculado mediante el modelo B-S tradicional. Por lo tanto, la región de rechazo se encuentra en la cola derecha de la distribución normal estándar. La regla de decisión es rechazar la hipótesis nula si el valor calculado para el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico. En las siguientes figuras se representa la regla de decisión para cada nivel de significancia, respectivamente.

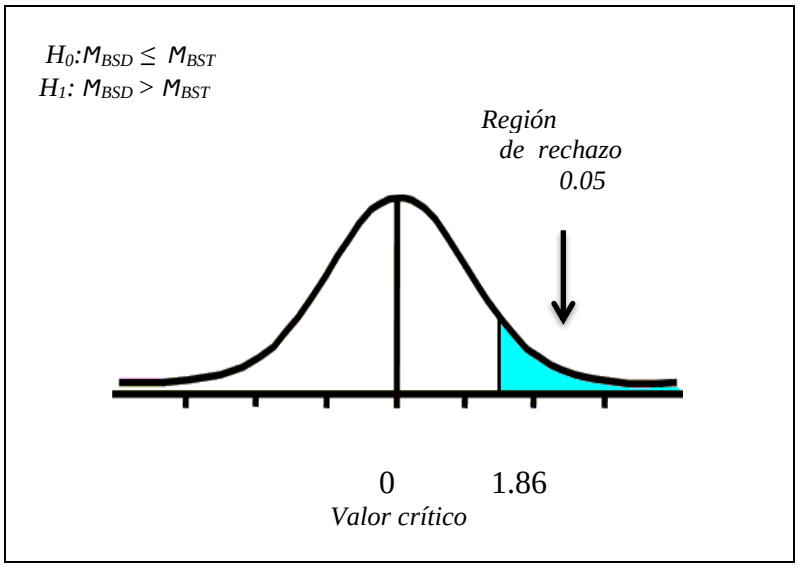


Figura 51. Regla de decisión para una prueba de una cola en el nivel de significancia de 0.05.
Fuente: elaboración propia.

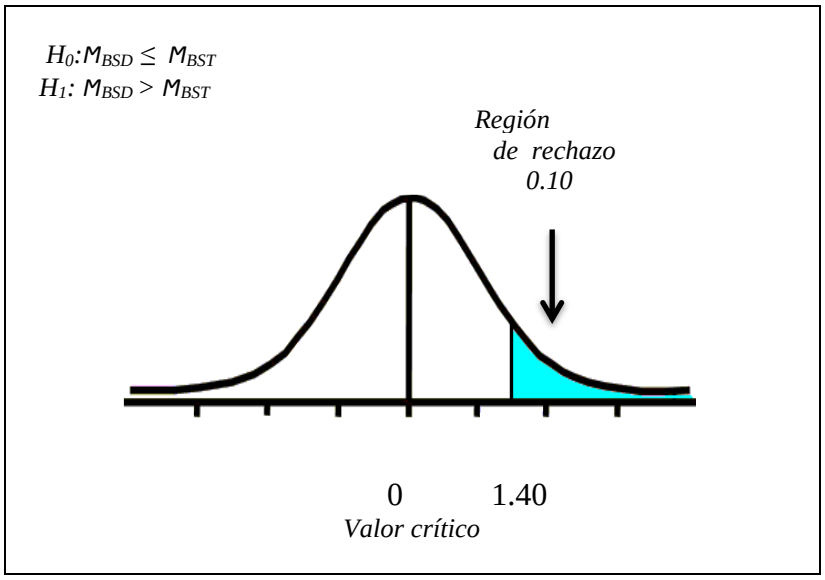


Figura 52. Regla de decisión para una prueba de una cola en el nivel de significancia de 0.10.
Fuente: elaboración propia.

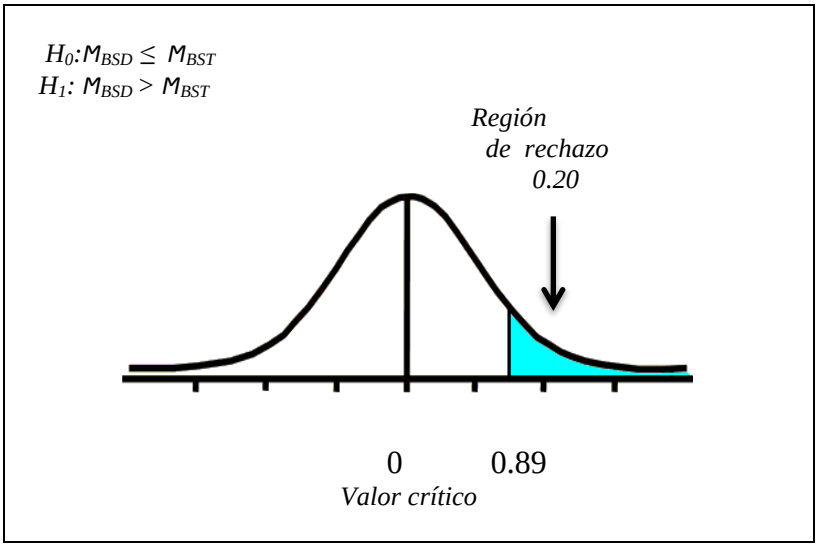


Figura 53. Regla de decisión para una prueba de una cola en el nivel de significancia de 0.20.
Fuente: elaboración propia.

5. Toma de decisión respecto a H_0 e interpretación de resultados.

Para calcular el valor estadístico se utiliza el programa *minitab*.

Prueba estadística de la hipótesis en el extremo superior (0), con un nivel de significancia de 95 %:

T de dos muestras para B-S con fuzificación de variables vs. B-S tradicional.

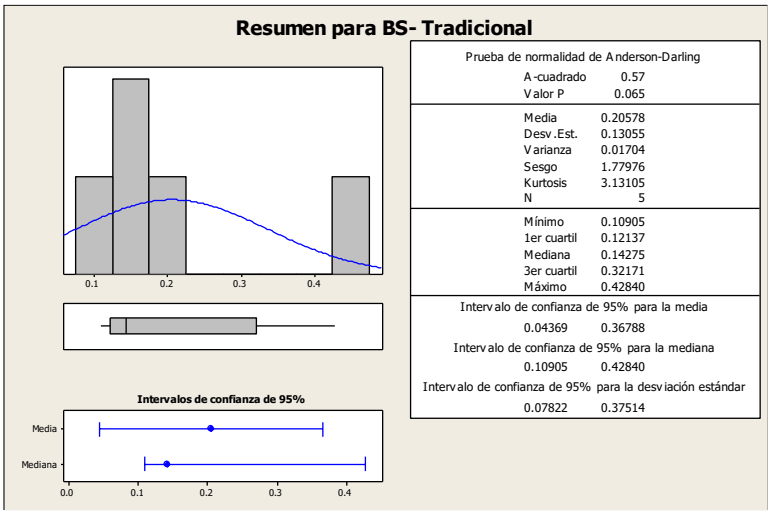


Figura 54. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S tradicional para el extremo superior.
Fuente: elaboración propia.

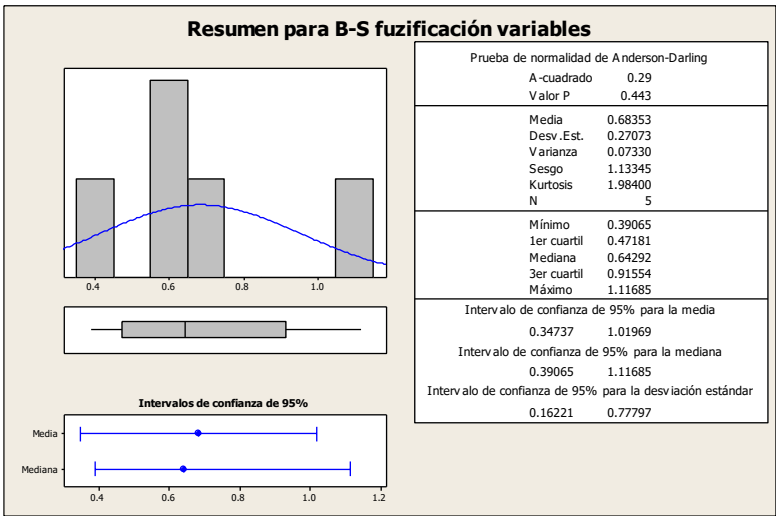


Figura 55. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S con fuzificación para el extremo superior.
Fuente: elaboración propia.

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variable	5	0.684	0.271	0.12
BS- Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (BS- Tradicional)

Estimado de la diferencia: 0.478

Límite superior 95 % de la diferencia: 0.728

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 3.55 Valor P = 0.996 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.2125

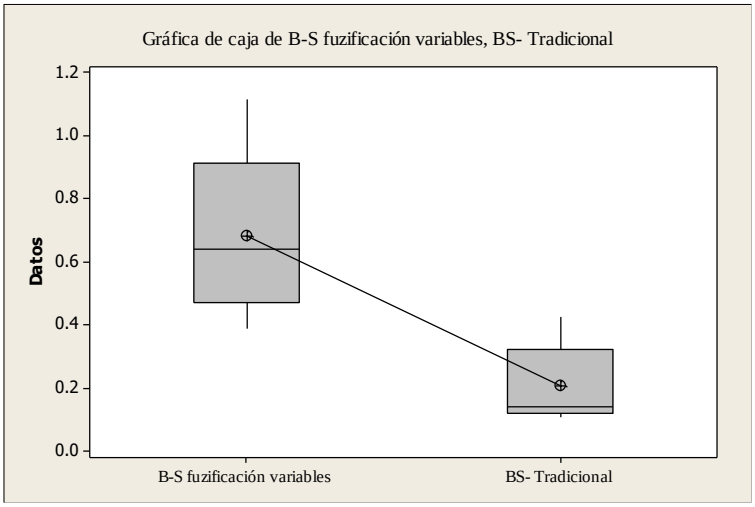


Figura 56.Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 95 % en el extremo superior.
Fuente: elaboración propia.

Como se muestra el valor calculado t = 3.55 es mayor que el valor crítico 1.86. Por lo tanto, la decisión es rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* B-S tradicional, con un nivel de significancia de 90 % el resultado es el siguiente:

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variable	5	0.684	0.271	0.12
BS- Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (BS- Tradicional)

Estimado de la diferencia: 0.478

Límite superior 90% de la diferencia: 0.665

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 3.55 Valor P = 0.996 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.2125

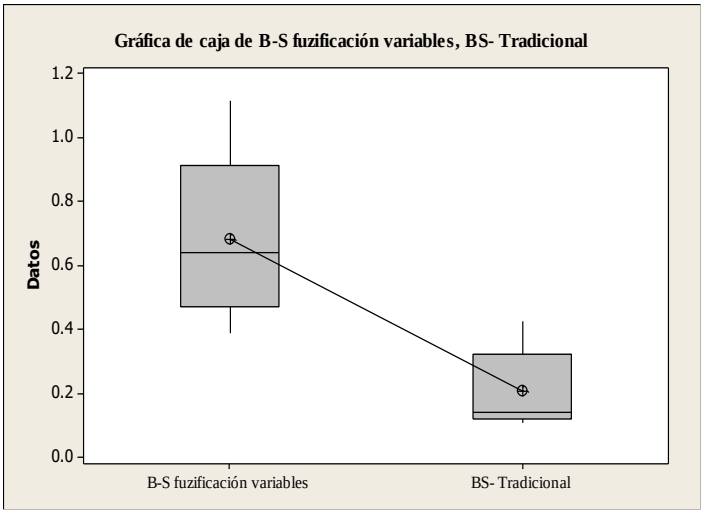


Figura 57. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 90 % en el extremo superior.
Fuente: elaboración propia.

El valor calculado t = 3.55 es mayor que el valor crítico 1.40. Por lo tanto, la decisión es rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* B-S tradicional, con un nivel de significancia de 80 %.

	N	Media	Desv.Est.	Media Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.684	0.271	0.12
BS- Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) – mu (BS- Tradicional)

Estimado de la diferencia: 0.478

Límite superior 80 % de la diferencia: 0.597

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 3.55 Valor P = 0.996 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.2125

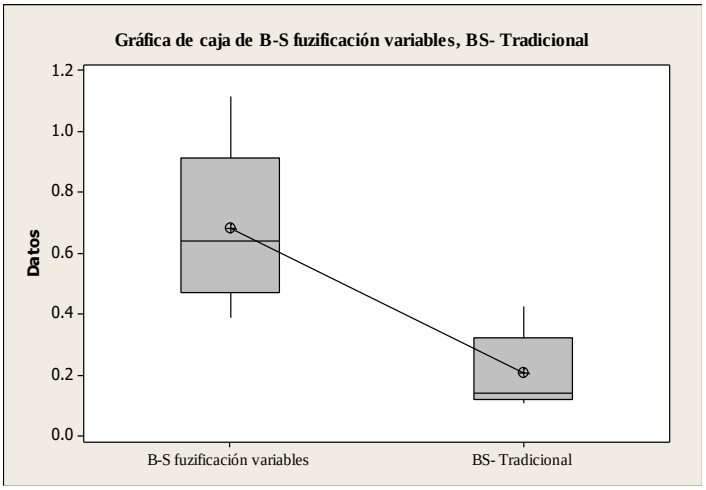


Figura 58. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 80 % en el extremo superior.
Fuente: elaboración propia.

El valor calculado t = 3.55 es mayor que el valor crítico 0.89. Por lo tanto, la decisión es rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

El resultado para la prueba estadística de la hipótesis para la máxima presunción (1), con un nivel de significancia de 95 % es el siguiente:

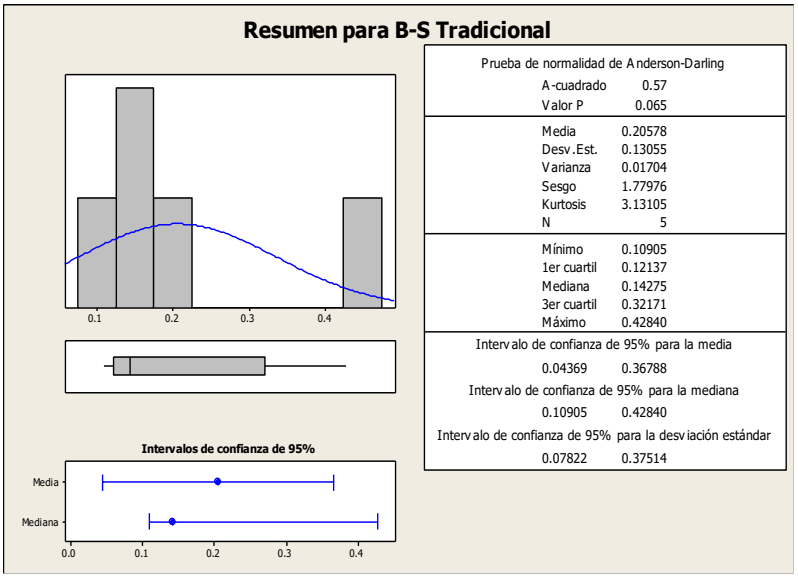


Figura 59. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S tradicional para la máxima presunción.
Fuente: elaboración propia.

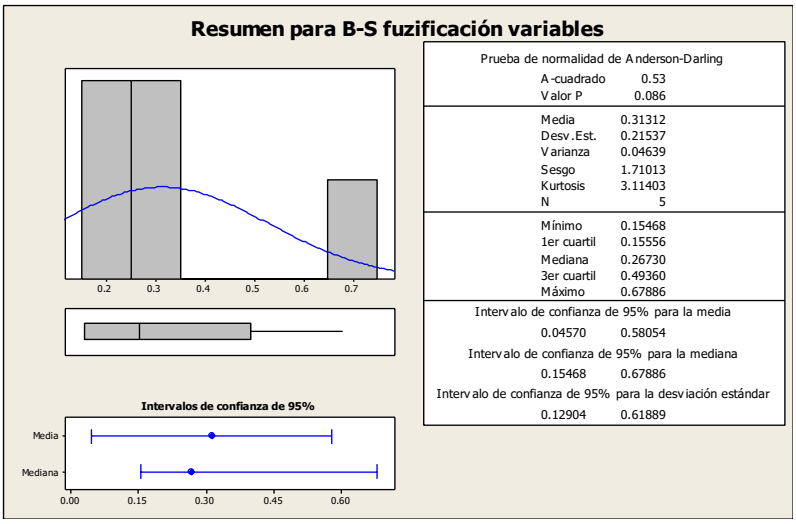


Figura 60. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S con fuzificación para la máxima presunción.
Fuente: elaboración propia.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables vs. B-S tradicional

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.313	0.215	0.096
B-S Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (B-S Tradicional)

Estimado de la diferencia: 0.107

Límite superior 95 % de la diferencia: 0.317

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 0.95 Valor P = 0.816 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.1781

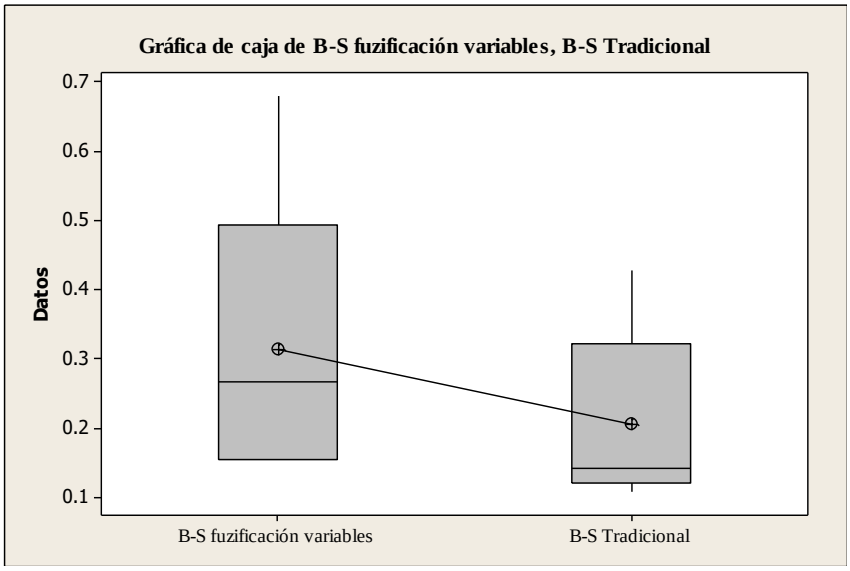


Figura 61. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 95 % con máximo nivel de presunción.
Fuente: elaboración propia.

El valor calculado t = 0.95 es menor que el valor crítico 1.86. Por lo tanto, la decisión es aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* B-S tradicional, con un nivel de significancia de 90 %.

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.313	0.215	0.096
B-S Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (B-S Tradicional)

Estimado de la diferencia: 0.107

Límite superior 90% de la diferencia: 0.265

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 0.95 Valor P = 0.816 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.1781

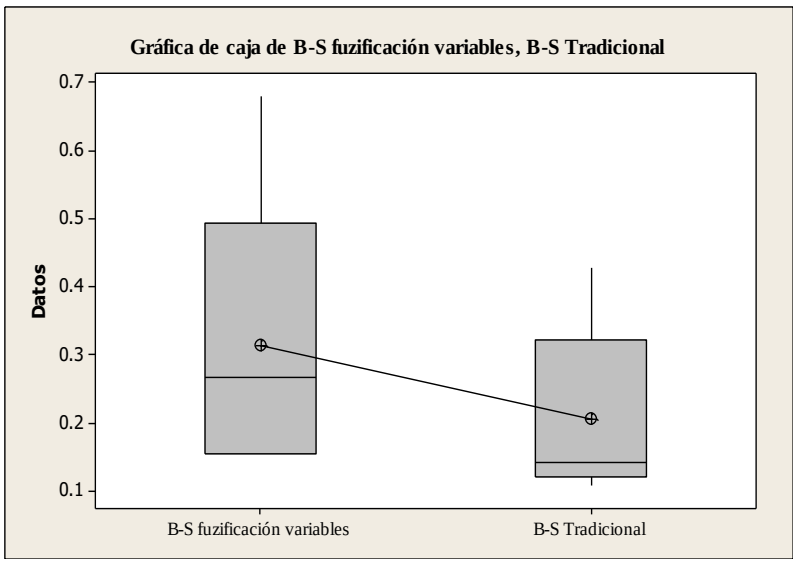


Figura 62. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 90 % con máximo nivel de presunción.
Fuente: elaboración propia.

Como se observa el valor calculado t = 0.95 es menor que el valor crítico 1.40. Por lo tanto, la decisión es aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* B-S tradicional, con un nivel de significancia de 80 %.

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.313	0.215	0.096
B-S Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (B-S Tradicional)

Estimado de la diferencia: 0.107

Límite superior 80 % de la diferencia: 0.207

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 0.95 Valor P = 0.816 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.1781

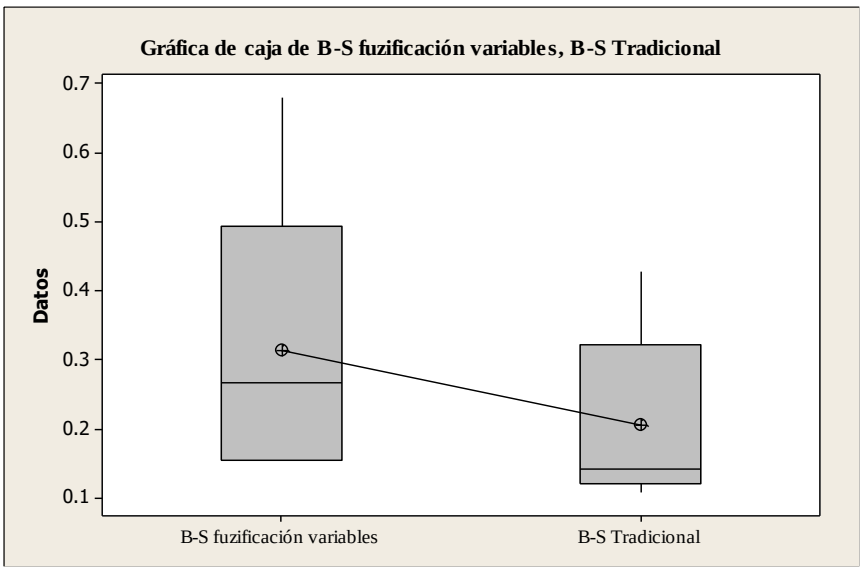


Figura 63. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 80 % con máximo nivel de presunción.
Fuente: elaboración propia.

El valor calculado t = 0.95 es mayor que el valor crítico 0.89. Por lo tanto, la decisión es rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Prueba estadística de la hipótesis para el extremo inferior (0), con un nivel de significancia de 95 %:

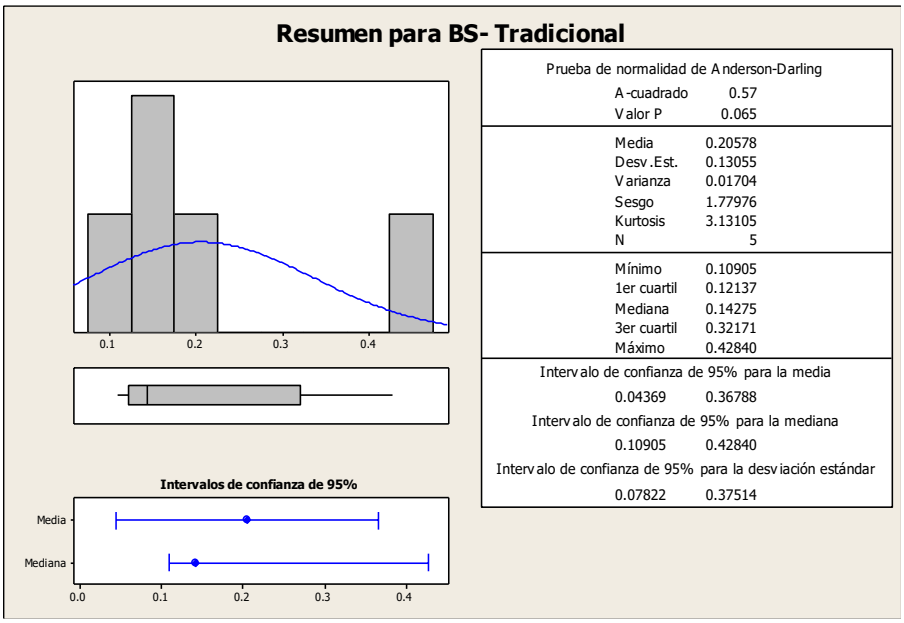


Figura 64. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S tradicional para el extremo inferior.
Fuente: elaboración propia.

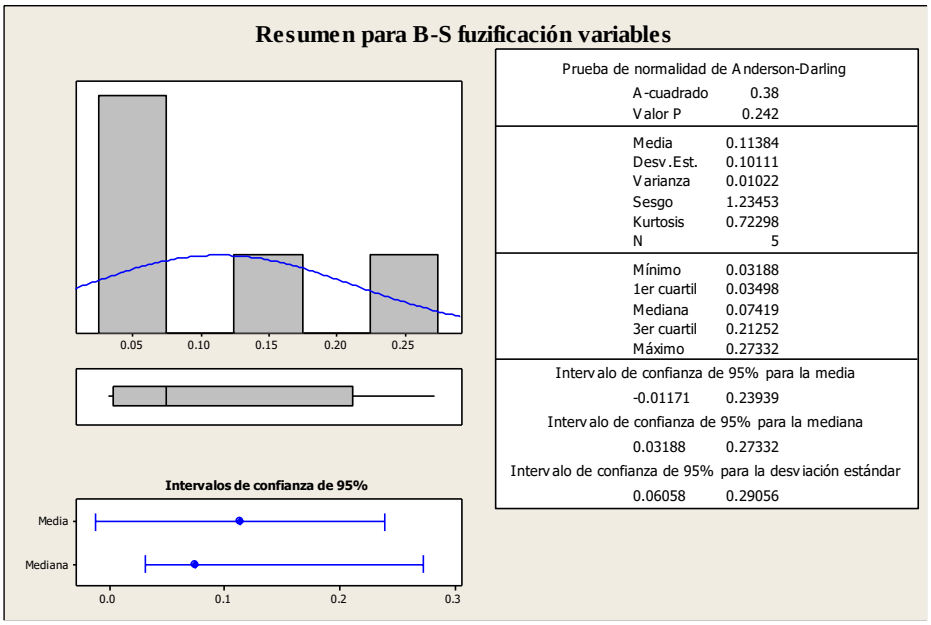


Figura 65. Prueba de normalidad de Anderson-Darling B-S con fuzificación para el extremo inferior.
Fuente: elaboración propia.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* BS tradicional.

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.114	0.101	0.045
BS- Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (BS- Tradicional)

Estimado de la diferencia: -0.0919

Límite superior 95 % de la diferencia: 0.0454

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = -1.25 Valor P = 0.124 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.1168

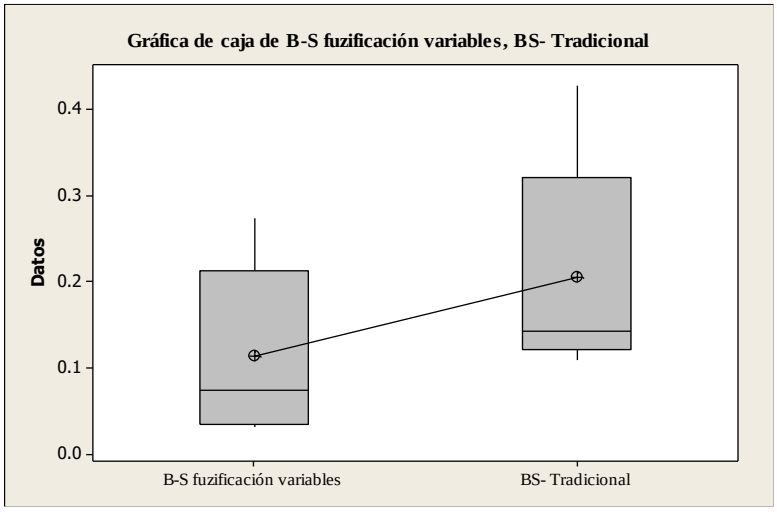


Figura 66. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 95 % en el extremo inferior.
Fuente: elaboración propia.

Como se muestra el valor calculado de t = -1.25 es menor que el valor crítico 1.86. Por lo tanto, la decisión es aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* BS tradicional, con un nivel de significancia de 90 %.

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.114	0.101	0.045
BS- Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (BS- Tradicional)

Estimado de la diferencia: -0.0919

Límite superior 90% de la diferencia: 0.0112

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = -1.25 Valor P = 0.124 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.1168

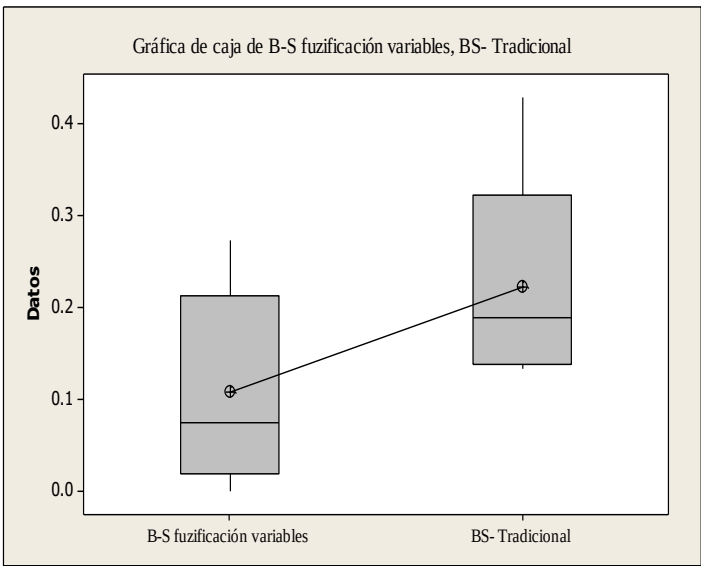


Figura 67. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 90 % en el extremo inferior. Fuente: elaboración propia.

El valor calculado t = -1.25 es menor que el valor crítico 1.40. Por lo tanto, la decisión es aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa.

Prueba *T* e *IC* de dos muestras para B-S con fuzificación de variables *vs* BS tradicional, con un nivel de significancia de 80 %.

	N	Media	Desv. Est.	Media del Error Estándar
B-S con fuzificación de variables	5	0.114	0.101	0.045
BS- Tradicional	5	0.206	0.131	0.058

Diferencia = mu (B-S fuzificación variables) - mu (BS- Tradicional)

Estimado de la diferencia: -0.0919

Límite superior 80 % de la diferencia: -0.0263

Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = -1.25 Valor P = 0.124 GL = 8

Ambos utilizan desviación estándar agrupada = 0.1168

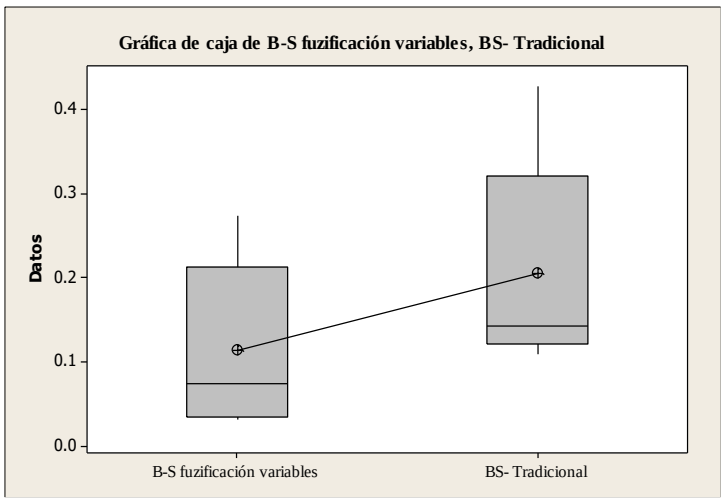


Figura 68. Comparación B-S fuzificación de variables y B-S tradicional al 80 % en el extremo inferior.
Fuente: elaboración propia.

El valor calculado t = -1.25 es menor que el valor crítico 0.89. Por lo tanto, la decisión es aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa.

Análisis de resultados de las pruebas de hipótesis.

Se realiza el análisis de los datos obtenidos, para un nivel de significación del 95 %, 90 % y 80 %, con 8 grados de libertad y los valores contenidos de la tabla *t-student*: $t_{.05}$ error =1.86, $t_{.10}$ error =1.40 y $t_{.20}$ error = 0.89; con base en esto se encuentran los valores de rechazo H_0y aceptación H_1. Se puede establecer de acuerdo a la prueba *t-student*, de los distintos niveles de significancia, para cada una de las hipótesis con base en los distintos grados de presunción (0,1), si existe mayor o menor grado de precisión en el modelo B-S con fuzificación de variables y el modelo B-S tradicional, así como obtener un mayor grado de precisión en comparación al *spread* registrado en el mercado de derivados de México. Los resultados se concentran en la siguiente tabla:

Tabla 59. Resultados de pruebas de hipótesis

Planteamiento de las Hipótesis. H_0: BSD ≤ BST H_1: BSD > BST	Prueba al 95 % intervalo de confianza, de aceptación o rechazo. *($t_{.05}$ =1.86)*	Prueba al 90 % intervalo de confianza, de aceptación o rechazo. *($t_{.10}$ =1.40)*	Prueba al 80 % intervalo de confianza, de aceptación o rechazo. *($t_{.20}$ = 0.89)*
Prueba $H_0 \leq H_1$ para extremo superior (0). *(t=3.55)*	Rechaza H_0, por lo que se acepta H_1	Rechaza H_0, por lo que se acepta H_1	Rechaza H_0, por lo que se acepta H_1
Prueba $H_0 \leq H_1$ para máxima presunción (1). *(t=0.95)*	Acepta H_0, por lo que se rechaza H_1	Acepta H_0, por lo que se rechaza H_1	Rechaza H_0, por lo que se acepta H_1
Prueba $H_0 \leq H_1$ para extremo inferior (0). *(t=-1.25)*	Acepta H_0, por lo que se rechaza H_1	Acepta H_0, por lo que se rechaza H_1	Acepta H_0, por lo que se rechaza H_1

Fuente: elaboración propia.

Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hoy en día, en el entorno económico y financiero, donde la toma de decisiones resulta cada vez más compleja como consecuencia de los avances tecnológicos, la diversidad de los mercados, la multiplicidad y la variedad de productos que han generado la necesidad de que la intuición del inversor deba ser completada por esquemas científicos cada vez más complejos (Gil-Aluja, 2004). Surge la necesidad de introducir, en la administración de riesgos, esquemas matemáticos más flexibles y adecuados a la realidad; la aplicación de los subconjuntos borrosos permite dar solución a aquellos problemas en los que la incertidumbre aparece de manera fundamental. De tal manera se incorpora así una nueva metodología al modelo Black-Scholes tradicional, que a su vez ofrece un instrumento importante para el administrador en el orden de acotamiento de los riegos inherentes a sus decisiones.

En la actualidad, los modelos matemáticos proporcionan respuestas que no captan con precisión el grado de incertidumbre de los mercados financieros, y por consiguiente, la decisión se reduce a elegir entre un modelo preciso pero que no refleje la realidad y un modelo vago pero más adecuado a la misma. Por lo tanto, la incursión de la lógica difusa en los esquemas que tradicionalmente han sido utilizados para enfrentar los problemas de decisión en el ámbito de la actividad empresarial, es cada vez más amplia; enriqueciendo la ciencia administrativa.

Esta investigación permite establecer, que la aplicación de la lógica difusa en las variables económicas tipo de cambio, tasa de interés doméstica (cetes) y tasa de interés foránea (*T-bill*)

del modelo B-S, presenta ventajas sustantivas sobre el modelo B-S tradicional, con lo que se sustenta la hipótesis establecida; ya que los resultados obtenidos se encuentran más cercanos al valor real de la opción cambiaria.

Con base en los datos del tipo de cambio registrados por Banxico, en el periodo comprendido de marzo del 2009 a marzo del 2011, se elaboran los cálculos empíricos para determinar los precios de las coberturas de manera teórica (ver anexo 8); los resultados se confrontan con los datos que arroja el mercado de derivados de México (Mex-Der), en el mismo periodo (ver anexo 9), obteniéndose una diferencia significativa entre el precio de la opción determinado por el mercado y el precio determinado con el modelo B-S tradicional; por lo tanto, se considera haber cubierto el objetivo de la investigación, dado que al disminuir el sesgo estadístico existente en el precio de una opción cambiaria, es posible presentar al inversor una gama de posibilidades que le permitan optimizar la decisión.

Se puede establecer que el modelo B-S tradicional como medida para cuantificar el precio de una opción en el Mex-Der ratifica la evidencia empírica del sesgo estadístico; esto puede ser consecuencia del efecto que la volatilidad de los mercados financieros tiene en las principales variables que integran el modelo B-S. En referencia a los periodos de alta volatilidad, particularmente en el año 2008, consecuencia de la crisis hipotecaria de Estados Unidos, la que afectó de manera directa el precio de las primas de las coberturas cambiarias en México. Asimismo, la variación de las tasas de interés a la alza registran el mismo resultado. Cabe mencionar que los factores exógenos de las políticas monetarias de las bancas centrales son un elemento incidente que, también influye en los mercados de manera significativa, por lo cual, se concluye que los modelos financieros tienen un cierto grado de imprecisión.

Mediante la fuzificación con los NBT (Gil-Aluja, 2004) en las variables económicas del modelo B-S, empíricamente se demuestran resultados con mayor precisión en relación a los datos reales del Mex-Der. En conjunto con las teorías del PPA, la balanza de pagos y el enfoque Fisher, así como la aplicación de los modelos econométricos de series de tiempo: ARIMA, *Winters*, promedios móviles y análisis de tendencias; lo que permitió obtener distintos niveles de presunción entre 0 y 1, y por consiguiente se obtuvieron distintos valores en el cálculo del precio de la opción cambiaria en mercado de derivados en México.

Con la aplicación del VAN borroso y la TIR borrosa se evalúa la viabilidad económica y financiera de la organización al considerarse coberturas y financiamiento en dólares; y sin cobertura y con financiamiento en pesos. De los resultados se puede concluir que en la organización acuícola, por ser un mercado de alto riesgo, es pertinente aplicar coberturas y financiamiento en dólares, dado que en comparación con el financiamiento en pesos, el primero representa un mayor índice de rentabilidad y, por consiguiente, le permite minimizar el riesgo cambiario y en consecuencia, incrementar la rentabilidad.

La administración de riesgo se ha convertido en una actividad cotidiana de las organizaciones que permite la prevención, control y la definición de estrategias para su minimización. Sin embargo, por su complejidad y costo, la mayor parte de las firmas no diseña y pone en marcha un modelo de gestión de riesgos, como parte integral del proceso de administración y de control.

Como nuevas líneas de investigación se utilizan la lógica difusa en otras variables y el modelo B-S tradicional, para encontrar una óptima aplicación del modelo. El cual permitirá que la tesorería de las organizaciones, pueda aplicar esta metodología y analizar otros instrumentos

del mercado de derivados, como acciones, tasa de interés, *warrant*, *commodities* físicos, etcétera. Lo que abre la puerta para más investigaciones sobre la lógica difusa y las ciencias económicas-financieras.

Para el caso del sector acuícola, una línea de investigación es considerar el proceso de administración de riesgos en su totalidad, en conjunto con los modelos multicriterios (SADAGE II); y evaluar el riesgo de cada una de las fases de los macro procesos en toda la cadena de valor que integran las organizaciones (servicios, comercialización y logística), con el objetivo de valorar si éstos contribuyen a la misión de la empresa y cómo se apoya a los macro procesos para el desarrollo de la gestión financiera y administrativa por la dirección.

Finalmente, el abordar en forma integral el problema del riesgo financiero, considerando todas las fases en la implementación del proceso de administración del riesgo empresarial en los macro-procesos de las organizaciones en general, al sector económico está compitiendo, para establecer un plan estratégico global, con la finalidad de optimizar la toma de decisiones por parte de los administradores de riesgos.

REFERENCIAS

Aguilar, A., y H. Juan Ramón (1997). Determinantes de la tasa de interés de corto plazo en México: efecto de las señales del banco central.*Gaceta de Economía ITAM* (5), 209-219.

Alonso, A. (2004). Normalizacion: un camino sin retorno. *Administración de riesgo y seguros latinoamericana*, (1), 1-82.

Allen, S. (2003). *Financial Risk Management: a Practitioner's Guide to Managing Market and Credit Ris*. Hoboken, New Jersey: Wiiey Finance.

Anderson, B. (1999). The Right Risks Electric Perspectives. *KPMG, 24*(5), 70-81.

Anderson, B. (2006). Entendiendo la administracion de riesgo empresarial. *Revista KPMG Auditores y Consultores*, 1-27.

Anderson, D., y D. Sweeney (2008). *Estadística para administración y* economía. México: Cengage Learning Editores.

Angeloni, I., A. Kashyap, B. Mojon y D. Terlizzese (2003). The Output Composition Puzzle: A Difference in the Monetary Transmission Mechanism in the Euro Area and U.S. *NBER Working Paper N.9985*, 1-49.

Antonio, B. (XXVI, No. 11 de noviembre). *La administracion de riesgos financieros*. Ejecutivos de Finanzas, México.

Arrow, K., y G. Debreu (1954). Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica, 22*(3), 265-290.

Aubert, N., y V. De Gaulejac (1993). *El coste de la excelencia*. Madrid, España: Paidós.

Avendaño, C. (2003). *Bolsa de Valores*. México: Gasca.

Ayres, Herbert (1963). Risk Aversion in the Warrants Market. *Industrial Management Review, 4*, 497-505.

Bachelier, Louis (1900). Théorie de la Spéculation. *Ph.D. dissertation, I'Ecole Normale Superieure*. English Translation in Paul H. Cootner, ed. *The Random Character of Stock Market Prices*. Cambridge, MA: MIT Press, 1964, 17-78).

Balassa, B. (1964). The Purchasing-power Parity Doctrine: A Reappraisal. *Journal of Political Economy*, 72(6), 584-596.

Basle Committee on Supervision (1995a). *An Internal Model-Based Approach to Market Risk Capital Requirements*. Basle, Switzerland: Basle Committee on Banking Supervision.

Basle Committee on Supervision (1995b). *Planned Supplement to the Capital Accord to Incorporate Market Risks*. Basle, Switzerland: Basle Committee on Banking Supervision.

Batchelor, R. (1977). Sterling Exchange Rates 1951-1976: A Casselian Analysis. *National Institute Economic Review, 81*, 45-66.

Batten, A., y A. Fetherston (2002). *Financial Risk and Management*. Hardcover: Emerald.

Baumol W., B. Malkiel, y R. Quandt (1966). The Valuation of Convertible Securities. *TheQuarterly Journal of Economics, 80*(1), 48-59.

Becker, G. (1975). *Human Capital*. Chicago: University of Chicago.

Beckers, S. (1981). Standard Deviations Implied in Options Prices as Predictors of Future Stock Price Variability. *Journal of Banking and Finance*. *5*(3), 363-381.

Beder, T. Styblo (1995). VAR: Seductive but Dangerous. *Financial Analysts Journal, 51*(5), 12-24.

Berkeley, George (1709). *An Essay Towards a New Theory of Vision*. Dublin,Ireland: Bookfeller in Skinner-Row.

Bernandez, M. (2006). *Tecnología del desarrollo humano*. Chicago: Global Bussiness Press.

Bishop, M. (1996). A S*urvey of Corporate Risk Management*. Massachusetts: The economist.

Black, Fischer y Myron Scholes (1973). The Pricing of Options and Corporate. *Journal of Political Economy, 81*(3),637-654.

Black, Max (1937). Vagueness. An Exercise in Logical Analysis. *Philosophy of Science, 4*(4), 427-455.

Bodie, Z. y R. Merton (1999). *Finanzas*. México: Prentice Hall.

Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregresive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics, 31*(3), 307-328.

Bolsa Mexica de Valores (s.f.). Glosario Bursátil, http://www.bmv.com.mx/.

Boness, James A. (1964). Elements of a Theory of Stock-Option Values. *Journal of Political Economy, 72*(2), 163-175.

Bouchaud, J. P. y M. Potters (2003). *Theory of Financial Risk and Derivative Pricing*. New York: Cambridge.

Boyle, Phelim (1988). A Lattice Framework for Option Pricing with two State. *Journal of Financial and Quantitative Analysis, 23*(1), 1-12.

Brealy, R. y S. Meyer (1993). *Principios de finanzas corporativas*. México: McGraw-Hill.

Brown, Robert (1827). *On the Particles Contained in the Pollen of Plants and on the General Existence of Active Molecules in Organic and Inorganic bodies*. Not published (Reprinted by Philosophical Journal, 1828, 358-371).

Brunet, I. y I. Pastor (2003). *Ciencia, sociedad y economía*. Madrid: Editorial Fundamentos.

Butter, Fruhan, Mullins y Piper (1987). *Método de casos en el estudio de finanzas*. México: CECSA.

Buffet, W. (2008, 22 de mayo). Obtenido de http://www.cotizalia.com/cache/2008/05/22/97_buffet.html.

Buffet, W. (2010, 30 de octubre). Obtenido de http://www.diariosigloxxi.com/texto-diario/mostrar/61923/productos-derivados-buffet.

Carbaugh, R. (2005). *Economía internacional*. México: Thompson.

Carstens, Agustín y A. Reynoso (1997). Alcances de la política monetaria: marco teórico y regularidades empíricas en la experiencia mexicana. *Gaceta de Economía ITAM, (5),* 13-57.

Cartems, C. (1992). *Las nuevas finanzas en México*. México: Limusa.

Castells, M. (2002). *Globalización y antiglobalización en varios autores: pánico en la Globalización*. Bogotá: Fica.

Castellano, S. (2000). El efecto del 'corto' sobre la estructura de tasas de interés. *Gaceta de Economía ITAM*, 261-314.

Cassel, Gustav (1928). *Post-War Monetary Stabilization*. New York: Columbia University Press.

Centro de Estudios de Finanzas Públicas (2010, 8 de marzo). Obtenido de http://www3.diputados.gob.mx/camara/001_diputados/006_centros_de_estudio/02_centro_de_estudios_de_finanzas_publicas__1.

Chang, C.-C. (2001). Efficient Procedures for the Valuation and Hedging of American Currency Options with Stochastic Interest Rates. *Journal of Multinational Financial Management, 11*(3), 241-268.

Chang,Y.-P., M.-C.Hung y Y.-F. Wu (2003). Nonparametric Estimation for Risk in Value-at-Risk Estimatior. *Marcel Dekker, Inc., 32*(4), 1041-1064.

Cheung, Y.-W., M.-D. Chinn y A. Pascual (2004). Empirical Exchange Rate Models of the Nineties: Are Any Fit to Survive. *IMF Working Paper # 9393*, 1-32.

Chen, Andrew (1970). A Model of Warrant Pricing in a Dynamic Market. *Journal of Finance, 25*(5), 1041-1059.

Christiernin, P. (1761). *Summary of Lectures on the High Price of Foreign Exchange in Sweden* (E. a. Eagly, ed.). The Swedish Bullionist Controversy. Philadelphia: American Philosophical Society.

Christoffersen, P. F. (2003). *Elements of Financial Risk Management*. San Diego, California: Elsevier Science.

Comité de Basilea (2002). *Sanas prácticas para la administración y supervisión del riesgo operacional*. Suiza: Banco de Pagos Internacionales, Documento de Trabajo.

Cook, T., y Ch. Reichardt (2005). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación Evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.

Cox, J., S. Ross y M. Rubinstein (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 1-35.

Creswell, J. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California: SAGE Publications, Inc.

Crouhy, M., D. Galai y R. Mark (2006). *The Essentials of Risk Management*. New York: McGraw-Hill.

Culp, C. (2001). *The Risk Management Process: Business Strategy and Tactics*. Canadá: Wiley Finance.

Cusatis, P., y R. Martin (2005). *Hedging Instruments and Risk Management*. New York: Mc Graw-Hill.

Das, S. (2006). *Derivative Products and Pricing*. Hoboken: Wiley Finance.

De Lara, A. (2008). *Medición y control de riesgos finacieros*. México: Limusa.

Deloitte (2005). *El CEO y la administración del riesgo en el siglo 21*. Recuperado el 18 de marzo de 2009, de www.deloitte.com/us/valuekillers.

_____ (2007). *El riesgo inteligente en la industria de la ciencia vida*. Recuperado el 22 de mayo de 2010, de http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Colombia/Local%20Assets/Documents/CO_ES_RIcienciasvida_2008_060608.pdf.

Development OECD (2005). *Advances in Risk Management of Government Debt*. París: OECD.

Drucker, P. (1993). *Por la sociedad capitalista*. New York: Harper Negocio.

Dubofsky, D., y T. Miller (2005). *Derivatives: Valuation and Risk Management*. New York: Oxford University Press.

Engle, R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica, 50*, 987-1007.

Fama, Eugene (1970). Multiperiod Consumption-Investment Decisions. *The American Economic Review, 60*(1), 163-174.

Finucane, Thomas J. (1989). Black-Scholes Approximations of Call Option Prices with Stochastic Volatilities: A Note. *Journal of Financial, and Quantitative Analysis, 24*(4), 527-532.

(FIRA) (2009). Situación actual y perspectivas del camarón en México. *Boletín Informativo* (3), 9-104.

Fleming, J. (1998). The Quality of Market Volatility Forecasts Implied by S&P 100 Index Option Prices. *Journal of Empirical Finance, 5*, 317-345.

Fox, R. (2007). *International Financial Management*. London, England: Thomson.

Fondo Monetario Internacional (2006). *International Financial Statistics*. Washington, D.C.

Fragoso, J. (2002). *Análisis y administración de riesgos financieros*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

Frankel, J., y A. Rose (1994). A Surve of Empirical Research on Nominal Exchange Rates. *NBER Working Paper # 4865, Cambridge.*

Frankel, J., y Shang-Jin, Wei (2008). Estimation of De Facto Exchange Rate Regimes. *International Monetary Fund, 55*(3), 384-416.

Friedman, Milton (1953). The Case for Flexible Exchange Rates. *Essays in Positive Economics*, 157-203.

Frydman, R. y M. Goldberg (2007). *Imperfect Kowledge Economics*. New York: Princenton.

Galant, M. y B. Dolan (2007). *Currency Trading For Dummies*. U.S.:Wiley Publishing, Inc.

Gallati, R. (2006). *Risk Management and Capital Adequacy*. New York: Mc Graw-Hill.

García, C. (2003). Las crisis recurrentes del peso mexicano: causas, efectos y posibles Soluciones. Tesis inédita presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Económicas, Universidad de Barcelona.

García, C. (2005). *Capital extranjero y política económica: las crisis financieras del sudeste*. Madrid: Fundamento.

Garman, M., y C. Blanco (1998). Nuevos avances en la metodología de valor en riesgo: conceptos de VaRdelta. Revista *Análisis Financieros, 75*, 6-8.

Garman, M., y S. Kohlhagen (1983). Foreign Currency Option Values. *Journal of International Money and Finance, 2*(3), 231-237.

Gaytán, A., y Jesús González (2006). Structural Changes in the Transmission Mechanism of Monetary Policy in Mexico: A Non-linear VAR Approach. *Banco de México, Documento de trabajo N.2006-06*.

Geertz, C. (1992). *La interpretación de las culturas*. Barcelona, España: Gedisa.

Gerrard, S., K. Turner y I. Bateman (2001). *Environmental Risk planning and Management*. Massattuches: Edward Elgar Publishing.

Ghosh, A., A. Gulde y H. Wolf (2002). Currency Boards: More than a Quick Fix? *Economic Policy, 31*, 270-335.

Gil-Aluja, J. (1996). Towards a New Paradigm of Investment Selection in Uncertainty. *Fuzzy Sets and Systems*, *84*(2), 187-197.

_____ (2004). *Fuzzy Sets in the Management of Uncertainty*. Germany: Springer.

Gil Díaz, F. (1997). La política monetaria y sus canales de transmisión en México. *Gaceta de Economía ITAM* (5), 79-102.

Gil-Lafuente, A. (2005). *Fuzzy Logic in Financial Analysis*. The Netherlands: Springer.

González, F., J. Flores y B. Flores (2001). *La incertidumbre en la evaluación financiera de las empreas*. Morelia: Fegosa Ingeniería Administración y la FCA-UMSNH.

González, P. (1998). La paridad del poder adquisitivo: concepto y evolución histórica. *Estudios de Economía Aplicada*, (9), 79-102.

Griffin, R. y R. Ebert (2005). *Negocios*. New York: Pearson Education.

Gujarati, D. (2003). *Econometría*. México: McGraw-Hill.

Guzmán, M., y R. Padilla (2009). El impacto de la política monetaria sobre la tasa de interés, el tipo de cambio y el índice bursátil. *Análisis económico*, *24*(55), 47-76.

Haldane, Andrew y Vicky Read (2000). Monetary Policy Surprises and the Yield Curve. *Bank of England, Working Paper Series No 106*, 1-44.

Harrington, S., y G. Niehaus (1999). *Risk Management and Insurance*. New York: McGraw-Hill.

Harris, L. (1994). New Theories of International Trade and Exchange Rates. *Journal of Development Planning*, (24), 107-128.

Heath, J. (2000). *La maldición de las crisis sexenales*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

Heisenberg, Werner (1927). Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik*, *43*, 172-198.

Hernández, R., C. Fernández, y P. Baptista (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill Iberoamericana.

Heston, S. (1993). A Closed-form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options. *The Review of Financial Studies, 6,* 327-343.

Heydebrand, W. (1989). New Organizational Forms. *Work and Occupations, 16*(3), 323-357.

Ho,T.S.Y., y S-B. Lee (1986). Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims. *Journal of Finance, 41*(5), 1011-1029.

Hull, J., y A. White (1987). The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities. *Journal of Financ*ial, *42*(2), 281-300.

_____(1988). The Use of the Control Variate Technique in Option Pricing. *Journal of Financial and Quantitative Analysis, 23*(3), 237-251.

_____(1996). Using Hull-White Interest Rate Trees. *Journal of Derivatives*, 1-17.

Hull, J. y W. Suo (2002). A Methodology for Assessing Model Risk and its Application to the Implied Volatility Function Model. *Journal of Financial and Quantitative Analysis, 37*(2), 297-318.

Hull, J. (2009). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. México: Pearson.

Hume, David (1752). Of the Balance of Trade. In B. Eichengreen and M. Flandreau eds, *The Gold Standard in theory and history*, London and New York: Routledge, 1997.

Ianni, O. (2004). *La era del globalismo*. Madrid, España: Siglo XXI. 215.

J.P. Morgan (1995). *Risk Metrics Technical Manual*. New York: J.P. Morgan Bank.

Jondeau, E., Ser-Huang Poon y M. Rockinger (2000). *Financial Modeling Under Non-Gaussian*. Oxfor Manchester: Springer.

Johnson, H., y D. Shanno (1987). Option Pricing when the Variance is Changing. *Journal of Financial and Quantitative Analysis, 22*(2), 143-151.

Jorion, P. (1996). Risk: Measuring the Risk in Value at Risk. *Financial Analysis Journal,*

47-56.

Jorion, P. (1999). *Valor en riesgo*. México: Limusa.

Jorion, P. (2002). How Informative Are Value-at-Risk Disclosures? *The Accounting Review, 77*(4), 911-923.

Jorion, P. (2009). *Valor en riesgo: El nuevo paradigma para el control de riesgos con derivados/ Value at risk* (González Herrera tr.). México: Limusa.

Kamier, L. y Díaz Mata, A. (1993). *Estadística aplicada a la administración y a la Economía*. México: McGraw-Hill.

Kant, Immanuel (1781). *Kritik der reinen Vernunft*. English tr. In Paul Guyer, Allen Wood, ed. *Critique of Pure Reason*, U.S.: Cambridge University Press, 2000.

Kaufmann, A. (1972). *Theory of Fuzzy Sets*. Paris: Masson.

Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Milladoiro.

Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1987). Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre. Barcelona: Hispano-Europea.

Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1990). *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre: elementos básicos para su aplicación en economía*. España: Centro de Estudios Ramón Areces.

Keynes, J. M. (1937). The General Theory of Employment. *The Quarterly Journal of Economics, 51*(2), 209-223.

Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento: Metodos de ivestigacion en ciencias sociales*. México: : McGraw-Hill Interamericana.

Kosko, B. (1986). Fuzzy Entropy and Conditioning. *Information Sciencies, 40*, 165-174.

Kozikowski, Z. (2007). *Finanzas Internacionales*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Krugman, P., y M. Obstfeld (2006). *Economía internacional*. México: Pearson Educación.

Latané, H., y Rendleman, R. (1976). Standard Deviations of Stock Price Ratios Implied in Option Prices. *Journal of Finance, 31*, 369-381.Leippokd M., y Z. Wiener (1999). Algorithms Behind Term Structure Model of Interest Rates

I. Valuation and Hedging of Interest Rates Derivates with the Ho-Lee Model. *Warton University on Pensylvania*, 1-20.

Levi, D. (1997). *Finanzas Internacionales*. México: McGraw-Hill.

Levin, R., y D. Rubin (2004). *Estadística para administración y economía*. México: Pearson Educacion.

Levy-Yeyati, E., y F. Sturzenegger (2003). To Float or to Trail: Evidence on the Impact of Exchange Rate Regimenes on Growth. *American Economic Review, 93*(4), 1173-1193.

Lewent, J. (2005). Identifying, Measuring, and Hedging Currency Risk at Merck. Estados Unidos: *Continental Bank Journal of Applied*.

Lin, Justin F. (1989). An Economic Theory of Institucional Change: Induced and Imposed Change. *Cato Journal, 9*(1), 1-35.

Lintner, John (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *TheReview of Economics and Statistics, 47*(1), 13-37.

López de Prado, M. (2004). *Invertir en Hedge Funds: Análisis de su estructura, estrategias y Eficiencia*. Madrid: España: Días Santos.

Luis, H. (2005). *Planeación financiera en la empresa moderna*. México: Ediciones Fiscales ISEF.

Lukasiewicz, Jan (1920). Logice Trójwartościowej. *Ruch Filozoficzny, 5,* 170-171(English Translation in Lukasiewicz, ed. Three-Valued Logic, *Selected Works*, 87-88.

Lukes, S. (1985). *El poder, un enfoque radical*. México: Siglo XXI.

Maddison, A. (1997). *La economía mundial 1820-1992: Análisis y estadísticas*. Paris, Francia: OCDE.

Madison, W. (2006). *El éxito de los modelos de negocios: la forma segura para construir un negocio rentable*. México: Entrepreneur.

Malynes, Gerard (1601). *A Treatise of the Canker of England's Commonwealth*. London: R. Field for W. Iohnes.

Mansell, C. (1992). *Las nuevas finanzas en Mexico*. Mexico: Editorial Milenio.

_____ (2007). *Las nuevas finanzas en México*. México: ITAM.

Mantilla, S. (1998). *Control interno de los nuevos instrumentos financieros*. Bogotá: Ecoc Ediciones.

Markowitz, Harry (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance, 7*(1), 77-91.

_____ (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment*. New York: Wiley.

Marris, Robin (1984). Comparing the Incomes of Nations: A critique of International Comparison Project. *Journal of Economic Literature, 22*, 40-57.

Marshall, A. (1926). Evidence Before the Indian Currency Commission 1899. *Official Papers*, 263-326.

Martínez, L., O. Sánchez y A. Werner (2001). Consideraciones sobre la conducción de la política monetaria y el mecanismo de transmisión en México. *Banco de México, Documento de Trabajo N. 2001-02*, 1-49.

McCallum, B. (1999). Analysis of the Monetary Transmission Mechanism: Methodological Issues. *NBER Working Papper N. 7395*, 1-49.

Meese, Richard y K. Rogoff (1983). Empirical Exchange Rate Models of the Seventies: Do they Fit Out of Sample? *Journal of International Economics, 14*, 3-24.

Medina, S. y O. Manco (2007). Diseño de un Sistema experto difuso: evaluación de riesgo crediticio en firmas comisionistas de bolsas para el otorgamiento de recursos financieros. *Estudios Gerenciales Universidad ICESI, 23*(104), 101-129.

Mejía, R. (2004). La adminstración de riesgos empresariales. *AD-MINISTER Universidad EAFIT,* (5), 74-85.

_____ (2008). *Administración de riesgo, un enfoque empresarial*. Medellin, Colombia: Universidad EAFIT.

Mercado de Derivados Mexicano (s.f.), http://www.mexder.com.mx/MEX/paginaprincipal.html.

Merton, Robert C. (1969). Lifetime Portfolio Selection Under Uncertainty: The Continuous-Time Case. *Review of Economics and Statistics, 57*(3), 247-257.

_____ (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science, 4*(1), 141-183.

_____ (1998). Application of Option-Pricing Theory: Twenty-Five Years Later. *The American Economic Review, 88*(3), 323-349.

Mill, J. Stuart (2006). *Principles of Political Economy*. Vol. 1 (was originally published by The Colonial Press: New York in 1848, New York: Cosimos Inc.

Miller, Merton H., y F. Modigliani (1963). Dividend Policy and Market Valuation: A Reply. *The Journal Business, 36*(1), 116-119.

Miller, R. y D. VanHoose (2005). *Macroeconomía*. México: Thomson.

Mirabal, T. (2004). La auditoria interna y la administración del riesgos. *Administración de Riesgos y Seguros Iberoamerica,* 1-68.

Mishkin, F. (1998). The Dangers of Exchange Rate Pegging in Emerging Market Countries. *International Finance,1,* 81-101.

Modigliani, Franc (1986). Life Cycle, Indivudual Thrift, and the Wealth of Nations. *American Economic Review, 76*(3), 297-313.

Morales, A. (2002). *Respuestas rapidas para los financieros.* México: Pearson.

Moyer, R. y J. McGuigan (2004). *Administración Financiera Contemporanea/ Contemporary Financial Administration*. Mexico: Thomson.

Mulcahy, R. (2003). *Risk Management: Tricks of the Trade*. Minnesota: RMC Publications.

Mundell, Robert (1961). A Theory of Optimum Currency Areas. *American Economic Review, 51*(4), 657-665.

Murray, C. (1960). *El logro de la excelencia en las Ciencias Sociales*. New York: Harper Collins.

Myrdal, G. (1957). *Economic Theory and Underdeveloped Regions*. Londres: Duckworth.

Obstfeld, M. (1986). Rational and Self-Fulfiling Balance of Payments Crises. *The American Economic Review, 76*(1), 72-81.

Ocampo, José A. (1999). *La reforma del sistema financiero internacional: un debate en marcha*. Santiago: CEPAL y Fondo de Cultura Económica.

Octavio, A. M. (1992). *El manual financiero*. México: ITAM/IMEF.

Osborne, M. F. (1959). Brownian Motion in the Stock Market. *Operations Research, 7*(2), 145-173.

Pacheco, A. y Cruz, M. (2008). *Metodología crítica de la investigación*. México: Grupo Editorial Patria.

Panorama Acuícola (2009). Obtenido de http://www.panoramaacuicola.com/opinion.php. www.ers.usda.gov/data/aquaculture.

Parisi F.A., J. Rebolledo y S.E. Cornego (2006). Modelos lógica borrosa en la predicción del IPSA. *Estudios de Administración*, 13(1) 37-66.

Pascale, R. (1999). *Decisiones financieras*. Argentina: Machi.

Patrick C., M. T. (2005). *Hedging Instruments and Risk Management*. New York: McGraw-Hill.

Pfeffer, J. (2000). *Los nuevos rumbos en la teoría*. México: Oxford.

Peirce, Charles S. (1878). How to Make our Ideas Clear. *Popular Science Monthly*.

Pinto, A. (1991). *América Latina: una visión estructuralista. El pensamiento de la CEPAL y su evolución*. México: Facultad de Economía, UNAM.

Porter, M. (1982). *La acción conjunta de estas fuerzas determina la rentabilidad potencial, en el sector industrial; el potencial de utilidades se mide en términos de rendimiento a largo plazo*. México: CECSA.

Porter, M. (1982). *La estrategia competitiva*. México: CECSA.

Porter, M. (1987). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México: CECSA.

Prebisch, R. (1949). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*. Santiago de Chile: CEPAL.

Puyana, J. (2006). Globalización financiera y determinación de los tipos de cambio. *CLACSO*, 165-187.

Rauch, H. (2004). *Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*. Madrid, España: Printice Hill.

Reinhart, C., y K. Rogoff (2004). The Modern History of Exchange Rate Arrangements: A Reinterpretation. *The Quarterly Journal of Economics*, *119*(1), 1-48.

Ricardo, David (1817). *Principios de economía política y tributación*. Madrid: Ayuso.

Ripoll, J. (2006). ¿Se cumple la visión bipolar del tipo de cambio en las economías emergentes? *Boletín Económico ICE*(2867), 45-56.

Rodríguez, M. (2010). *Métodos de investigación*. Culiacán, Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa.

Romer, P. (1989). Capital Accumulation in the Theory of Long Run Growth. *Modern Business Cycle Theory*, Basil Blackwell, 81.

Romer, C., y D. Romer (2000). Federal Reserve Information and the Behavior of Interest Rates. *American Economic Review, 90*(3), 429-457.

Rosenberg (1995). *Diccionario de Inversiones*. México: Ventura.

Ross, S. M. (1992). *Applied Probability Models with Optimization*. New York: Dover Publications.

Ross, S., R. Westerfield y J. Jaffe (2005). *Finanzas corporativas*. México: McGraw-Hill.

Rugman, A. M. (2008). *The Oxford Handbook of International Business*. New York: Oxford Univesity Press.

Russell, B. (1923). Vagueness. *The Australasian Journal of Psichology and Philosophy, 1*, 84-92.

Samuelson, Paul A. (1965). Rational Theory of Warrant Pricing. *Industrial Management Review, 6*(2), 13-31.

Samuelson, Paul A. (1967). General Proof that Diversification Pays. *Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2*(1), 1-13.

Sallenave, J. (2002). *Gerencia y planeación estratégica*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma.

Scott, E., y A. Tucker (1989). Predicting Currency Return Volatility. *Journal of Banking and Finance, 13*, 839-851.

Sharpe, William F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *Journal of Finance, 19*(3), 425-442.

Simon, Herbert A. (1978). On How to Decide What to Do. *The Bell Journal of Economics, 9*(2), 494-507.

Sprenkle, Case (1961). Warrant Prices as Indications of Expectations. *Yale Economic Essays, 1*(2), 179-232.

Thorp, Edward y S. Kassouf (1967). *Beat the Market: A Scientific Stock Market System*. New York: Random House.

Thornton, H. (1802). Inquiry into the Nature and Effects of the Paper Credit of Great Britain. *Edinburgh Review, 1*(1), 172-201.

Tizhoosh, H. (1997) *Fuzzy Image Processing*. German: Springer-Verlag .

Todaro, M. (2006). *Desarrollo económico*. Boston: MA Pearson Addisson-Wesley.

Torres, M. (2006). *Manual de planeación estratégica*. México: Panorama.

Trade, C. B. (1999). *Commodity Trading Manual*. Chicago: Fitzron Dearbon Publisheres.

Trillo, D. (1996). *Futuro y opciones financieras*. México: Limusa.

Walmsley, J. (1997). *New Financial Instruments*. New York: John Wiley.

Wittgenstein, L. (1929). Logical Form. *Proc. Aristotelian Soc., 9*, 162-171.

Wood, M. (2005). *Manual de planeación de mercadotecnia*. New York: Prentice Hall.

Yeager, L. (1958). A Rehabilitation of Purchasing-Power Parity. *Journal of Political Economy, 66*, 516-530.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control, 8*, 338-353.

Zadeh, L. (1968). Probability Measures of Fuzzy Events. *Journal of Mathematical, Analysis and Applications, 23*(2), 421-427.

Zadeh, L. (1972). A Fuzzy Set Theoretical Interpretation of Linguistic Hedges. *Journal of Cybernetics, 2*(1), 4-34.

ZaskZask, E. (1999). *Global Investment Risk Management: Protecting International Portfolios*. New York: McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo 1. Términos relacionados con el riesgo

Para analizar el riesgo, primero se deben considerar todos los elementos que están relacionados con él, de los cuales se mencionan los siguientes términos:

Agente generador: persona, elemento, situación, cosa, o entidad que actúa o tiene capacidad de actuar y puede ocasionar un riesgo.

Amenaza: posibilidad de que un evento no planeado pueda suceder y originar circunstancias negativas.

Análisis de beneficio-costo: herramienta usada para tomar decisiones sobre las técnicas propuestas por el grupo para la administración de los riesgos, con la cual se valoran y comparan los costos financieros y económicos de implementar la medida, contra los beneficios generados por la misma. Una medida de administración de riesgos será aceptada siempre que el beneficio valorado supere al costo.

Análisis de riesgos: consiste en determinar el impacto y la probabilidad del riesgo. Dependiendo de la información disponible pueden emplearse, desde modelos de simulación hasta técnicas colaborativas.

Auditoría interna: de acuerdo con *The Institute of International Auditors (The IIA)*, la auditoría interna debe asistir a la organización mediante la identificación y la evaluación de las exposiciones significativas a los riesgos, y contribuir a la mejora de los sistemas de administración de riesgo y control. La auditoría del proceso de administración de riesgos está concebida para agregar valor y colaborar con la mejora continua de las estrategias para controlarlos, ayudando a la organización a cumplir sus objetivos en relación con la administración de dichos riesgos. De lo señalado, se puede definir a la auditoría del proceso

de administración de riesgos como una actividad independiente y objetiva concebida para agregar valor, la cual consiste en la revisión y evaluación de dicho proceso con el fin de determinar si éste cumple con los objetivos para los cuales ha sido diseñado y conocer cuán efectivo es el cumplimiento del mismo.

Causa: motivo por el cual se puede originar un riesgo.

Control: medida tomada para detectar o reducir un riesgo. Es toda acción que tiende a minimizar los riesgos, significa analizar el desempeño de las operaciones, evidencia posibles desviaciones frente al resultado esperado para la adopción de medidas preventivas. Los controles proporcionan un modelo operacional de seguridad razonable en el logro de los objetivos.

Costo: se entiende por costo las erogaciones, directas e indirectas, en que incurre la entidad en la producción, prestación de un servicio o manejo de un riesgo.

Efecto: consecuencia que puede traer la ocurrencia de un riesgo.

Factores de riesgo: manifestaciones o características de un proceso, son medibles u observables e indican la presencia de riesgo o tienden a aumentar la exposición, pueden ser internos o externos a la entidad.

Incertidumbre: situación en la que no hay certeza sobre los resultados de los riesgos.

Indicador: es la valoración de una o más variables que informa sobre una situación y soporta la toma de decisiones, es un criterio de medición y de evaluación cuantitativa o cualitativa.

Impacto: consecuencias que puede ocasionar a la organización la materialización del riesgo.

La aversión al riesgo: es un ingrediente de los seres humanos y decidirá en dónde puede lograr los mismos beneficios con el mínimo riesgo.

Mapas de riesgos: herramienta metodológica que permite hacer un inventario de los riesgos ordenada y sistemáticamente, definiéndolos, haciendo la descripción de cada uno de éstos y las posibles consecuencias.

Macro procesos: constituyen agrupaciones de procesos que se relacionan por su objetivo común, por su naturaleza o por su tipo. Son el primer nivel del mapa de proceso.

Nivel de riesgo: es el resultado de relacionar la probabilidad con el impacto y con los actuales controles. Medida de la gravedad de riesgos y el proceso de clasificarlos en orden de prioridad. Permite establecer la importancia relativa del riesgo.

Plan de contingencia: parte del plan de manejo de riesgos que contiene las acciones por ejecutar en caso de la materialización del riesgo, con el fin de dar continuidad a los objetivos de la entidad.

Plan de manejo de riesgos: plan de acción propuesto por el grupo de trabajo, cuya evaluación de beneficio-costo resulta positiva y es aprobado por la gerencia.

Plan de mejoramiento: parte del plan de manejo que contiene las técnicas de administración del riesgo orientadas a prevenir, evitar, reducir, dispersar, transferir o asumir riesgos.

Probabilidad: la palabra latina *probare* significa probar o aprobar, este término se refiere a los resultados futuros que miden el grado de incertidumbre. Este último concepto se desarrolló cuando fue posible medir cuantitativamente la probabilidad con la frecuencia relativa de eventos pasados.

Proceso: es un conjunto de actividades secuenciales, a través de las cuales se transforman insumos hasta obtener un producto o servicio con características previamente especificadas y que permiten el logro de los objetivos de los macro procesos.

Retroalimentación: información sistemática sobre los resultados alcanzados en la ejecución de un plan, sirve para actualizar y mejorar la planeación futura.

Seguimiento: recolección regular y sistemática sobre la ejecución del plan, sirve para actualizar y mejorar la planeación futura.

Sistema: conjunto de cosas o partes coordinadas, ordenadamente relacionadas entre sí, que contribuyen a un determinado objetivo.

Técnicas para manejar el riesgo: sirven para evitar o prevenir, reducir, dispersar, transferir y asumir riesgos.

Tipo de cambio: es el riesgo que ocurre de una posición abierta, debido a las variaciones de la cotización de la divisa.

Valoración del riesgo: primera fase en la administración de riesgos, diagnóstico que consta de la identificación, análisis y determinación del nivel de riesgo.

Volatilidad: es un indicador fundamental para la cuantificación de riesgo de mercado, representa una medida de dispersión de los rendimientos con respecto al promedio o la media de los mismos en un período determinado.

Tasa de interés: es originada por las variaciones, que a su vez inciden en el tipo de cambio.

Rendimiento esperado: es el rendimiento que se espera gane una acción a lo largo del siguiente periodo.

Varianza: término estadístico de variación posible de los resultados alrededor de algún valor esperado.

Vulnerabilidad: grado de sensibilidad de un sistema ante un riesgo, medido en cuanto al impacto que pueda tener sobre su estabilidad.

Anexo 2. Ejemplo de contrato de cobertura larga

Ejemplo 1.

Un importador mexicano tiene una cuenta por pagar de un millón de dólares, que vence en 90 días. El importador teme una apreciación inesperada del dólar durante ese periodo. El precio *forward* es de 13.45 pesos por dólar. ¿Cómo puede cubrir su riesgo cambiario y cuál será el rendimiento de su posición cubierta? Existe la posibilidad de que el tipo de cambio se incremente, por lo que, al incrementar la deuda a pagar en pesos y el costo de la cobertura, existe un abanico de posibilidades para la toma de decisiones sobre si adquirir una cobertura o no; estas son las posibles posiciones:

a). La empresa importadora considera que el dólar se depreciará, por lo que el precio del *forward* será mayor, por lo tanto, es necesaria la compra de la cobertura.

b). El mercado no tiene cambios significativos o fluctuaciones, pero sí es conveniente una cobertura parcial.

La empresa importadora considera que puede haber una apreciación, por lo que disminuye el costo del *forward*. Puede tomar el riesgo de no cubrirse totalmente, sin embargo, ante una caída inesperada del peso o una devaluación, puede provocar una pérdida y poner la planeación financiera en riesgo, en consecuencia, será necesario considerar una cobertura parcial.

Para ejemplificar se analizarán las siguientes operaciones dadas. La empresa compra el *forward* por un millón de dólares, tiene una posición corta en dólares o contratar el *forward*, que es una posición larga. El compromiso de pago que se tiene con el acreedor es de 13.45 millones de pesos, pueden darse distintos movimientos en el tipo de cambio, un incremento o una disminución. Si existe un incremento, automáticamente la deuda se incrementa en pesos, la cobertura se ejerce en lo que permite cubrir la pérdida cambiaria, como un seguro que da la posibilidad de ejercerlo, es una seguridad y tranquilidad para la empresa.

Caso 1: El dólar después 90 días *spot* a 13.45

Ganancia al contado	1’000,000.00	- 0.40	-400,000.00
Pérdida *forward*	1’000,000.00	0.40	-400,000.00
Resultado neto			-

Fuente: elaboración propia.

El importador pagó al tipo de cambio de 13.85 (*spot*) y posteriormente recibirá 13.45. El pago por recibir genera una ganancia en su posición de pago de contado. En su posición *forward* el importador compró el dólar a 13.85 y ahora lo tiene que vender a 13.45, sufriendo una pérdida.

Caso 2: después de 90 días el dólar cuesta 14.00 pesos

Pérdida al contado	1’000,000.00	- 0.15	-150,000.00
Ganancia *forward*	1’000,000.00	0.15	150,000.00
Resultado neto			-

Fuente: elaboración propia

El importador se protege ante una devaluación del dólar mayor a la esperada. En el caso de pago de la cuenta acreedora al vencimiento, el dólar cuesta menos de lo esperado, por lo que se compensa la pérdida con la ganancia obtenida, se logra el objetivo de la cobertura.

Ejemplo 2.

Para una empresa exportadora, suponiendo que tiene una cuenta por cobrar de un millón de dólares que vence dentro de 120 días. Con base en su análisis decide comprar y realizar un contrato a un precio de 13.80, lo que significa que recibiría la cantidad 13.80 millones por el deudor, si prevé que el dólar baje o cueste menos, es necesario tener la cobertura, dado que se espera a un precio de 13.70.

Caso 1: el dólar después 120 días *spot* a 13.80

Pérdida al contado	1’000,000.00	- 0.10	- 100,000.00
Ganancia *forward*	1’000,000.00	0.10	100,000.00
Resultado neto			-

Fuente: elaboración propia.

Caso 2: después de 120 días el costo dólar es 13.90

Ganancia al contado	1’000,000.00	0.10	100,000.00
Pérdida *forward*	1’000,000.00	- 0.10	- 100,000.00
Resultado neto			-

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Diagramas de utilidad

Para poder observar las diferencias entre la conveniencia de usar contratos de futuros y opciones de futuros para coberturas, se presentan a continuación los siguientes diagramas de utilidad neta, los cuales no toman en cuenta los costos de transacción y las oportunidades de ganancia o pérdida provenientes de los requerimientos de márgenes o comisiones.

Opción *call* estilo europeo sólo al vencimiento, por 10 mil dólares a precio de ejercicio de 14 pesos por dólar y prima de 30 centavos.

Tabla 60. Ganancias y pérdidas de una opción *call*

Tipo de cambio	Ejercicio	Prima pagada	Ganancia
13.3	No	3,000	- 3,000
13.4	No	3,000	- 3,000
13.5	No	3,000	- 3,000
13.6	No	3,000	- 3,000
13.7	No	3,000	- 3,000
13.8	Sí	3,000	- 2,000
13.9	Sí	3,000	- 1,000
14.0	Sí	3,000	0
14.1	Sí	3,000	1,000
14.2	Sí	3,000	2,000
14.3	Sí	3,000	3,000
14.4	Sí	3,000	4,000
14.5	Sí	3,000	5,000
14.6	Sí	3,000	6,000

Fuente: elaboración propia.

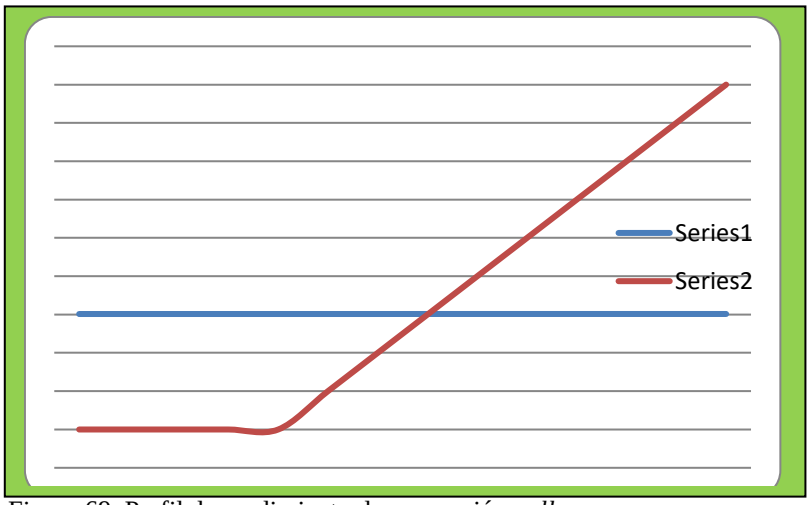


Figura 69. Perfil de rendimiento de una opción *call.*
Fuente: elaboración propia.

Opción *put* estilo europeo sólo al vencimiento, por 10 mil dólares a precio de ejercicio de 14 pesos por dólar y prima de 30 centavos.

Tabla 61. Ganancias y pérdidas de una opción *put*

Tipo de cambio	Ejercicio	Prima pagada	Ganancia
13.3	Sí	3,000	3,000
13.4	Sí	3,000	3,000
13.5	Sí	3,000	3,000
13.6	Sí	3,000	3,000
13.7	Sí	3,000	3,000
13.8	No	3,000	2,000
13.9	No	3,000	1,000
14.0	No	3,000	-
14.1	No	3,000	- 1,000
14.2	No	3,000	- 2,000
14.3	No	3,000	- 3,000
14.4	No	3,000	- 4,000
14.5	No	3,000	- 5,000
14.6	No	3,000	- 6,000

Fuente: elaboración propia.

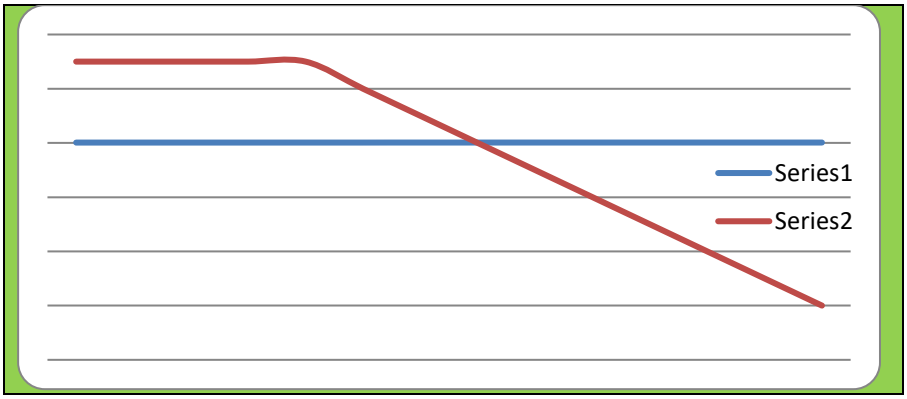


Figura 70. Ganancias y pérdidas de una opción *put.*
Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Ejemplo de la aplicación de la fórmula de Black-Scholes

Sea una opción con un precio de ejercicio de $ 45, un plazo de 3 meses y la volatilidad de los rendimientos subyacentes es 10 % anual, la tasa de interés libre de riesgo es del 12 % y el

valor del mercado del bien subyacente es de $ 48, en primer lugar, deben calcularse los valores de d_1 y d_2 de la siguiente forma:

$$d_1 = \frac{In(48/45) + (\,0.12 + \frac{0.10^2}{2}) \times 0.25}{0.12\ \times \sqrt{0.25}}$$

$$d_1 = 1.6056$$

$$d_2 = 1.6056 - 0.12 \cdot \sqrt{0.25}$$

$$d_2 = 1.545642$$

En las tablas de una distribución normal estandarizada, se determina que:

$$M(d_1) = 0.9963$$

$$M(d_2) = 0.9382$$

Por lo tanto, tenemos el valor de la opción *call:*

$$C = [48(0.9963) - (45 \times 0.9382 \times 0.970)]$$

$$C = 6.867$$

Anexo 5. Ejemplo de un rendimiento esperado

El rendimiento que un individuo espera ganar en una acción a lo largo del siguiente periodo. Existen distintas formas para determinar la volatilidad y el rendimiento de un instrumento, como en los ejercicios anteriores, ahora se utilizará la varianza y la desviación estándar en el siguiente ejemplo para explicar y determinar el rendimiento esperado.

La fórmula algebraica =$VaR\ (R) = (R - R_{Prom.})^2$

Estado de la economía	Rendimiento A	Rendimiento B
Depresión	-5,0 %	5 %
Recesión	15,0 %	20 %
Normal	25,0 %	-12 %
Auge	35,0 %	9 %

Cálculo del rendimiento	
Rendimiento promedio Ra	17,50 %
Rendimiento promedio Rb	5,5 %

Estado de la economía	Tasa de rendimiento (Rn)	Desviación del rendimiento esperado (Rend- Rprom a)	Valor de la desviación al cuadrado$(R - R_{Prom.}a)^2$
Depresión	-5,0 %	-22,50 %	0,050625
Recesión	15,0 %	-2,50 %	0,000625
Normal	25,0 %	7,50 %	0,005625
Auge	35,0 %	17,50 %	0,030625

Estado de la economía	Tasa de rendimiento (Rn)	Desviación del rendimiento esperado $(R - R_{Prom.}a)$	Valor de la desviación al cuadrado $(R - R_{Prom.}a)^2$
Depresión	5,0 %	-0,50 %	0,0000250
Recesión	20,0 %	14,50 %	0,0210250
Normal	-12,0 %	-17,50 %	0,0306250
Auge	9,0 %	3,50 %	0,0012250
		TOTAL	0,0529000

Rendimiento promedio A	0,0218750
varianza	14,790 %
Rendimiento promedio B	0,01322500
varianza	11,500 %

Cálculo de la covarianza y la correlación:

Depresión	-5,0 %	22,50 %	5,0 %	-0,5 %	-0,001125
Recesión	15,0 %	-2,50 %	20,0 %	14,5 %	-0,003625

Normal	25,0 %	7,50 %	-12,0 %	-17,5 %	-0,013125
Auge	35,0 %	17,50 %	9,0 %	3,5 %	0,006125
Total	70,0 %		22,0 %		-0,01175
	Covarianza (R_a , R_b)	-0,0029375			
	Correlación(R_a , R_b)	-17,271 %			

Fórmula de correlación:

$$Corr(R_a \ldots, \ R_b) = \frac{Cov(R_a \times R_b)}{\sigma_a \times \sigma_b}$$

Cálculo del rendimiento y el riesgo de los portafolios:

Datos	Valor
Rendimiento esperado de A	17,50 %
Rendimiento esperado de B	5,50 %
Varianza A	2,19 %
Varianza B	1,323 %
Desviación estándar A	14,790 %
Desviación estándar B	11,500 %
Covarianza de (A y B)	-0,0029375
Correlación (Ay B)	- 0,17271

Al realizar una inversión y considerar los dos distintos instrumentos con diferentes riesgos y rendimientos esperados, se establece la siguiente ecuación para el portafolio de inversión:

$$X_a = 60\% \ y \ X_b = 40\%$$

$$Var = \ {X_a}^2 \sigma^2 \ + 2X_a X_b \sigma_{ab} \times \ X^2 \sigma^2 a \sigma^2 b$$

$$= \ .36x \ \times \ .0219 + 2x[0.60x \ \times \ .40x \ (-.0029375)] + \ .16x.0123$$

=.007884 + -.00141+ .001968

$$VaR \ portafolio = 0.008442$$

$$Desv.Std = (0.008442)$$

$\sqrt{0.008442}$=9.188 %

La interpretación de la desviación estándar del portafolio es el rendimiento esperado de las inversiones en distintos activos. Finalmente, se obtiene el promedio ponderado de la desviación estándar: variación del portafolio:

Rendimiento= $(0.60 \times 0.1479) + (0.40 \times 0.1150)$

Rendimiento= 0.1347 ó 13.47 %

Volatilidad histórica: si se supone que la varianza del activo es constante en el periodo de estudio, un estimador *insesgado* de la varianza, σ^2, para una muestra de tamaño *n* está definido. Usualmente la media de los retornos diarios es muy pequeña. Un inconveniente de las ventanas móviles es la selección del tamaño de la ventana, ya que a medida que aumenta *m*, la serie de volatilidades obtenida es más suave, pero no necesariamente captura el comportamiento más reciente de la serie. Por el contrario, si *m* disminuye, las observaciones más cercanas determinan el comportamiento de la volatilidad, sin embargo, tiene una dinámica más irregular. Ejemplo: un administrador del portafolio de inversión tiene un rendimiento medio del 15 % anual y una desviación estándar del 20 %, el valor total del portafolio es de 100 millones. ¿Cuál sería la pérdida posible al final del ejercicio?, utilizando los métodos paramétricos y no paramétricos en los siguientes incisos:

a).- Método paramétrico

Supóngase que los rendimientos en el próximo periodo sean:

$$R_1 + 1 \sim N[15\%, (20\%)^2]$$

Por lo tanto, el valor inicial de $ 100 millones (V_o = 100 millones) es el valor esperado.

$$E[Vf] = E[V_0(1 + R_1)]$$

Para este caso se tiene:

$$E[R_1 + 1] = 15\%$$

$$E\left[V_f\right] = 100(1 + .15) = 115\ Millones$$

El valor medio para el portafolio para el siguiente año será 115 millones.

Para determinar la varianza del portafolio:

$$VaR[V_f] = VaR[V_0(1 + R_j)$$

$$VaR[V_0 R_f]VaR[V_f] = V_0^2 VaR[R_f]$$

Por lo tanto, la desviación estándar sería:

$$(VaR)^{\frac{1}{2}} V_f = V_0 (VaR)^{\frac{1}{2}} [R_f]$$

$$100 \times 0.20 = 0.20$$

Es decir, la desviación estándar del valor del portafolio será de 20 millones. Obteniendo un valor final del portafolio (V_f), seguirá una distribución normal media de $ 115 millones y una desviación estándar de 20 millones.

$$V_f \sim N(115, (20)^2)$$

Para establecer que el valor de corte (V_c), que tiene una probabilidad del 1 % de que los valores estén por debajo de ella, corresponde a encontrar el mínimo valor del portafolio que garantice que de 100 veces sólo en una el portafolio puede tomar un valor menor a éste. De esta manera se puede encontrar la pérdida máxima con un 99 % de confianza, es decir, el VaR.

$$VaR = V_0 - V_c = 100 - 68.47 = 31.53$$

Despejando la fórmula, en donde el valor inicial (V_0), se resta el valor de corte (V_c), para obtener una pérdida en 100 millones en el año, no mayor a 31.53 millones cuando el mercado se encuentra en condiciones normales.

b) Métodos no paramétricos, simulaciones históricas.

Ahora, considerando el caso en que no se desee hacer ningún supuesto sobre la distribución de los rendimientos, se deja que los datos muestren qué distribución siguen. Para emplear estos métodos normalmente será necesaria una buena cantidad de información. Suponiendo

que se cuenta con los rendimientos en un portafolio de inversión, el cual está compuesto por un activo.

$$R_1 R_2 \ldots . R_n$$

Además, supóngase que el valor actual del portafolio es de V_0 y cada uno de los rendimientos, con base en estos T escenarios, al determinar cuál sería el valor ante distintos escenarios, se tendrá:

$$V_0(1 + R_1), V_0 + (1 + R^2) \ldots . , V_0(1 + R_N)$$

Esto provee de una distribución empírica de posibles valores que puede tomar el portafolio en el próximo periodo. A partir de esta distribución, se puede detectar el valor de corte (V_c) tal que éste sea superior al α % de los escenarios. Para ilustrar el anterior cálculo, supóngase que se cuenta con 250 datos del rendimiento diario de un activo, además un portafolio de un único activo por valor actual de $ 100M (V0=$100M) con un 99 % de confianza, ¿cuál es la máxima pérdida posible al final del próximo periodo? Se realizará el análisis del rendimiento con base en un portafolio de 250 acciones y tomará distintos valores; se muestran de manera empírica gráficamente dichos valores.

Tabla 62. Rendimiento por acción

	No. Acciones	Rendimientos
1	2	98,7
2	0	98,9
3	3	99,1
4	15	99,4
5	22	99,6
6	42	99,8
7	90	100
8	76	100,3

Fuente: elaboración propia.

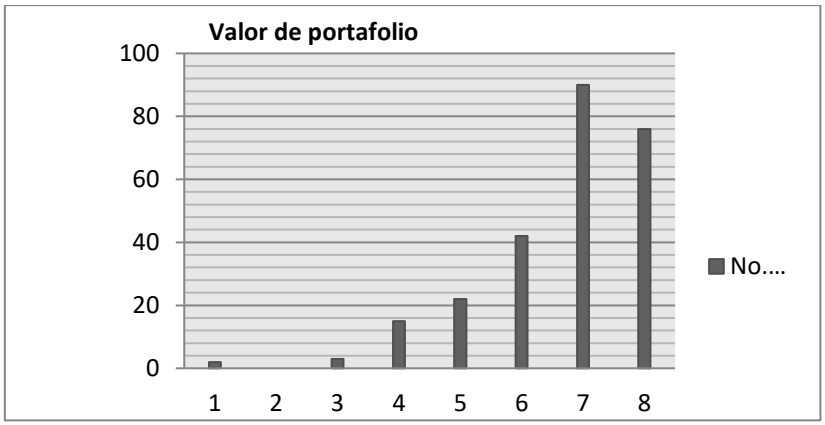


Figura 71. Histograma de frecuencia de acciones y rendimiento.
Fuente: elaboración propia.

Así, el valor de corte será aquel que asegure que el 1 % de los escenarios (valor del portafolio bajo cada escenario) están por debajo de él. En este caso, dado que se tienen 250 datos, el 1 % de los datos corresponden a 2.5; se puede redondear este número por lo bajo a 2. Es decir, el valor de corte (V_c) corresponde, en este caso, al portafolio que garantice que únicamente existen dos portafolios con menor valor que él, si se analiza el histograma de frecuencia se comprueba que están por debajo del él, de un promedio de V_c = 99.309, la opción más rápida es calcular el primer percentil de la distribución de los posibles escenarios. Por tanto, el VaR con un nivel de confianza del 99 % está dado por: $VaR = V_0 - V_c$ =100 - 99.309 = 0.691. Es decir, sólo existe una posibilidad de 100 de obtener una pérdida diaria mayor a $ 691 mil, si el mercado se encuentra en condiciones normales.

Anexo 6. Otros modelos para el control de riesgo

Método de suavizamiento exponencial (*RiskMetrics*): J.P. Morgan (1995) método que permite calcular la volatilidad de un activo a través de un suavizamiento exponencial, el cual es un promedio ponderado de las volatilidades pasadas.

$$\alpha^2 t = \lambda\alpha t - 1 + (1+\lambda) r^2 t - 1$$

La ecuación indica que la volatilidad está determinada por la volatilidad del periodo anterior, la principal ventaja es que depende de un solo parámetro λ, el cual revela la ponderación asignada a cada uno de los dos términos.

Modelos *ARCH y GARCH*: en el modelo *Garch* propuesto por Bollerslev (1986), es una extensión del trabajo original de Engle (1982), que desarrolló una técnica aplicando un proceso *arma11* a la varianza condicional de los errores.

$$\varepsilon_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2}$$

Donde σ_v^2 y para un modelo *Garch* (1,1):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

Al igual que en el modelo *Archv*$_t$ es un proceso de ruido blanco que es independiente de las realizaciones pasadas de ε_{t-i}. Las condiciones sobre los parámetros que garantizan la estabilidad del modelo son:

$$\alpha_0 > 0\,; \quad 0 < \alpha_1 < 1; \quad -1 < \beta_1 < 1$$

El modelo *Garch* (*p*, *q*) es:

$$\varepsilon_t = V_t \sqrt{\sigma^2 t}$$

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \sigma_{t-i}^2$$

O bien:

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1\varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2\varepsilon_{t-2}^2 + \cdots$$

$$+ \alpha_q\varepsilon_{t-q}^2 + \beta_1\sigma_{t-1}^2 + \beta_2\sigma_{t-2}^2 + \beta_p\sigma_{t-p}^2$$

Las condiciones sobre los parámetros son ahora:

$$\alpha_0 > 0 \qquad \alpha_i \geq 0 \quad \beta_i \geq 0$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_q + \beta_1 + \beta_2 + \cdots + \beta_p < 1$$

La varianza condicional ε_t también puede escribirse como $E_{t-1}\varepsilon_t^2 = \sigma_t^2$, que al sustituirse en la generalización del modelo *Garch* (*p, q*) queda:

$$E_{t-1}\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_1\varepsilon_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta\sigma^2\, t - i$$

La ecuación anterior muestra con mayor claridad un proceso arma (*p, q*) en la generación de la varianza condicional. Esta generalidad del modelo *Arch (q),* llamado *Garch* (*p, q*), tiene un componente autoregresivo y de media móvil en la varianza heteroscedástica. Sin embargo, la ventaja del modelo *Garch* sobre el modelo *Arch* es que el primero podría tener más parsimonia, representación que es fácil de identificar y estimar.

El modelo *Arch-m*: Engle, Lilien y Robins (1987) extienden el modelo *Arch* básico haciendo que la media dependa de los movimientos de la varianza. Esta clase de modelos, llamados *Arch-m*, estudian particularmente los mercados de activos. La idea fundamental de estos mercados es que los inversionistas adversos al riesgo requieren una compensación para retener un activo riesgoso. Dado que el riesgo de un activo puede ser medido por la varianza del rendimiento, el premio al riesgo puede incrementarse en función de la varianza

condicional del rendimiento. Engle, Lilien y Robins expresan esta idea formulando el rendimiento en exceso del activo riesgoso que se desea retener, como:

$$y_t = \mu_t + \varepsilon_t$$

Donde:

y_t= Rendimiento en exceso del activo que se desea retener.

μ_t= El premio al riesgo necesario para inducir al inversionista a retener el activo.

ε_t= Choque no estimable del rendimiento en exceso de los activos.

Simulación histórica: esta metodología evita la imposición de supuestos acerca de la distribución de los retornos y resulta fácil de implementar. Sin embargo, la simulación histórica supone que la distribución no cambia en el tiempo y, por lo tanto, es sensible al tamaño de la muestra seleccionada. Es así como la inclusión o exclusión de datos dentro de la simulación puede cambiar los resultados del VaR. Otros inconvenientes de este método se encuentran asociados a la deficiente capacidad de pronóstico de retornos extremos debido a la posible ausencia de información acerca de este tipo de realizaciones. Adicionalmente, el carácter discreto de las observaciones impide encontrar percentiles específicos, por ejemplo, con un tamaño de muestra de 500 observaciones no se puede obtener un VaR del 97.5 %.

Método Monte Carlo: es el concepto de simulación adoptado en los estudios realizados por Robert E. Shannon (1975), donde desarrolló un modelo para la aplicación en un sistema computarizado. La simulación de Monte Carlo "consiste en crear escenarios de rendimiento precisos de un activo mediante la generación de números aleatorios" (De Lara, 2008, p. 143). Posteriormente se observa el comportamiento del activo simulado.

Modelo econométrico *Z-score* de Altman: se construye a partir de razones financieras. En 1977 E. Altman desarrolló una metodología para estimar la probabilidad de quiebra a través de estimaciones de la tasa de mortalidad. En 1991 generó una matriz de transición, que representa un proceso estocástico, contiene las probabilidades de quiebra del acreditado en un periodo, partiendo de los diferentes niveles de calidad o calificaciones de crédito (De Lara, 2008, p. 169).

$$Z = 1.2T_1 + 1.4T_2 + 3.3T_3 + 0.6T_4 + 0.999T_5$$

Donde :

T_1= Capital de trabajo / Total de activo. Medidas de activos líquidos en relación con el tamaño de la empresa.

T_2= Utilidades retenidas/Activo total. Medidas de rentabilidad que reflejen la edad de la empresa y el poder adquisitivo.

T_3= Beneficio antes de intereses e impuestos /Total activo. Medidas de eficiencia operativa, aparte de los impuestos y los factores de apalancamiento. Se reconoce la importancia de las utilidades de operación para la viabilidad a largo plazo.

T_4= Valor de mercado de capital /Valor contable de los pasivos totales. Añade una dimensión de mercado, pueden aparecer fluctuaciones de los precios de las acciones y la relación con el valor contable que determinen el valor de la empresa.

T_5=Ventas /Activo total. Estándar para medir el volumen de ventas (varía enormemente de una industria a otra).

Este modelo surge de los principios de las teorías de administración de carteras y valoración del riesgo de una posición de mercado. Una cartera será eficiente cuando maximice el rendimiento para un determinado riesgo, o minimice el riesgo para un nivel dado de

rentabilidad. Markowitz (1959), Sharpe (1964), Jorion (1999) y Mckay y Jordan (1997) lo representan en la fórmula:

$$E(\mathrm{Rp}) = \sum_{i=1}^{N} x_1 \,.\, \mathrm{E}\,(Ri = V) *$$

Donde, x_1 es la proporción del presupuesto del inversor destinado al activo financiero; $R_i$es la incógnita del programa; s_2(Rp), la varianza de la cartera; *p*, y *sij*, la covarianza entre los rendimientos de los valores *i* y *j*; E(Rp) es la rentabilidad o rendimiento esperado de la cartera *p*, de tal forma que al variar el parámetro *V** se obtendrá en cada caso, al resolver el programa, el conjunto de proporciones x_1 que minimizan el riesgo de la cartera, así como su valor correspondiente. El conjunto de pares [E (Rp), s_2 (Rp)] o combinaciones rentabilidad-riesgo de todas las carteras eficientes es denominado «frontera eficiente». Una vez conocida ésta, el inversor, de acuerdo con sus preferencias, elegirá su cartera óptima.

RAROC (riesgo-rendimiento ajustado sobre el capital: Kashyap y Stein (1994), Greenwald, Levinson y Stiglitz (1991) son los creadores del RAROC. Es una medida de desempeño ajustada por riesgo, es el llamado rendimiento sobre capital de riesgo. El modelo propone la importancia de los costos por el financiamiento extremo, plantea el equilibrio entre la política de la gestión del riesgo de la estructura y el presupuesto de capital, las políticas de coberturas en operaciones (*hedge*), con el fin de poder encontrar el punto óptimo para la inversión.

$$V = \{EP(w) - \gamma cov(P(w), M)\}/(1 + r)$$

Anexo 7. Mapa de Sonora, distribución geografía por comités de sanidad

Anexo 8. Determinación del precio de una opción con el modelo B-S tradicional, para el periodo de marzo del 2009 a marzo del 2011

Marzo 2009

FORMULA DE BLACK & SCHOLES (OPCION DE COMPRA EUROPEA)							
							Call
Share price (S)			13.3538		BS value		0.2150
Exercise price (X)			14.5000		BS val via fn		
Int rate-cont (i)			0.087018				
Dividend yield (q)			0.0011		d1		
					N(d1)		
Time now (0, years)			0		d2		
Time maturity (T, years)			0.25		N(d2)		
Option life (T, years)			0.25				
Volatility (sigma)			0.1939483				
					0.693948321		
Exp(-iT)					0.215016538		
Exp (-qT)							

Junio 2009

FORMULA DE BLACK & SCHOLES (OPCION DE COMPRA EUROPEA)							
							Call
Share price (S)			13.4581		BS value		0.4284
Exercise price (X)			14.0000		BS val via fn		
Int rate-cont (i)			0.0530				
Dividend yield (q)			0.0017		d1		
					N(d1)		
Time now (0, years)			0		d2		
Time maturity (T, years)			0.25		N(d2)		
Option life (T, years)			0.25				
Volatility (sigma)			0.2179825				
					0.717982532		
Exp(-iT)					0.428403054		
Exp (-qT)							

Marzo 2010

FÓRMULA DE BLACK & SCHOLES (OPCION DE COMPRA EUROPEA)							
							Call
Share price (S)			12.7660		BS value		0.14275
Exercise price (X)			13.5000		BS val via fn		
Int rate-cont (i)			0.049230				
Dividend yield (q)			0.0080		d1		
					N(d1)		
Time now (0, years)			0		d2		
Time maturity (T, years)			0.25		N(d2)		
Option life (T, years)			0.25				
Volatility (sigma)			0.1406490000				
					0.640649000		
Exp(-iT)					0.142754273		
Exp (-qT)							

Junio 2010

FORMULA DE BLACK & SCHOLES (OPCION DE COMPRA EUROPEA)								
							Call	
Share price (S)			12.7454		BS value		0.1091	
Exercise price (X)			13.5000		BS val via fn			
Int rate-cont (i)			4.93%					
Dividend yield (q)			0.1300%		d1			
					N(d1)			
Time now (0, years)			0		d2			
Time maturity (T, years)			0.25		N(d2)			
Option life (T, years)			0.25					
Volatility (sigma)			12.40784%					
					0.624078434			
Exp(-iT)					0.109054999			
Exp (-qT)								

Marzo 2011

FORMULA DE BLACK & SCHOLES (OPCION DE COMPRA EUROPEA)							
mar-11							
							Call
Share price (S)			12.2600		BS value		0.1337
Exercise price (X)			13.0000		BS val via fn		
Int rate-cont (i)			0.04650				
Dividend yield (q)			0.00140		d1		
					N(d1)		
Time now (0, years)			-		d2		
Time maturity (T, years)			0.25000		N(d2)		
Option life (T, years)			0.25000				
Volatility (sigma)			0.14154				
					0.64154		
Exp(-iT)					0.13369		
Exp (-qT)							

Anexo 9. Informe diario del precio de opciones del Mex-Der (CD)

Anexo 10. Pronósticos del tipo de cambio para marzo del 2009 (CD)

Anexo 11. Pronósticos del tipo de cambio para junio del 2009 (CD)

Anexo 12. Pronósticos del tipo de cambio para marzo del 2010 (CD)

Anexo 13. Pronósticos del tipo de cambio para junio del 2010 (CD)

Anexo 14. Pronósticos del tipo de cambio para marzo del 2011 (CD)

Anexo 15. Pronósticos de la tasa cetes para marzo del 2009 (CD)

Anexo 16. Pronósticos de la tasa cetes para junio del 2009 (CD)

Anexo 17. Pronósticos de la tasa cetes para marzo del 2010 (CD)

Anexo 18. Pronósticos de la tasa cetes para junio del 2010 (CD)

Anexo 19. Pronósticos de la tasa cetes para marzo del 2011 (CD)

Anexo 20. Pronósticos de la tasa *T-bill* para marzo del 2009 (CD)

Anexo 21. Pronósticos de la tasa *T-bill* para junio del 2009 (CD)

Anexo 22. Pronósticos de la tasa *T-bill* para marzo del 2010 (CD)

Anexo 23. Pronósticos de la tasa *T-bill* para junio del 2010 (CD)

Anexo 24. Pronósticos de la tasa *T-bill* para marzo del 2011 (CD)

Anexo 25. Determinación del precio de una opción en el modelo B-S con fuzificación de variables, para el periodo de marzo del 2009 a marzo del 2011 (CD)

Anexo 26. Cuestionario

Proyecto: Administración del riesgo cambiario en organizaciones acuícolas (Conacyt)

Universidad de Occidente Posgrado (Unidad Culiacán)

El propósito del proyecto de investigación, es conocer la problemática del sector con la finalidad de aplicar instrumentos derivados en la administración del riesgo financiero.

Instrucciones: se le pide llenar los espacios en blanco con base en los datos financieros de su empresa; la siguiente información, la cual será utilizada para fines académicos, por lo que se le solicita su valiosa colaboración.

Datos de identificación de la unidad de producción acuícola.

Nombre unidad de producción

Ubicación

Puesto

1.- indicadores productivos.

1.1.- ¿Cuál es el número de hectáreas sembradas?

1.2.- ¿Cuál es el rendimiento estimado unitario (Tn/Ha)?

Concepto	**Periodo**	**Rendimiento (Tn/Ha)**
1ª. Pre-cosecha		
2ª. Pre-cosecha		
Cosecha		
Cosecha		

1.3- Determine el precio venta estimado para ciclo de producción actual.

Concepto	**Precio máximo**	**Precio mínimo**
1ª. Pre-cosecha		
2ª. Pre-cosecha		
Cosecha		
Cosecha		

2.- Costos de operación en la producción por hectárea estimada.

2.1 Determine los costos variables de su unidad de producción estimados.

	Costos Ha
2.1.1 Alimento balanceado	
2.1.2 Compra de post-larvas	
2.1.3 Mano de obra	
2.1.4. Fertilizantes y químicos	
2.1.5 Insumos auxiliares	
2.1.6 Combustibles y lubricantes	
2.1.7. Mantenimiento	
2.1.8 Costo financiero a largo plazo (intereses)	

3.- Determine los costos fijos estimados por ha.

Concepto	**Costos Ha**
3.1 Gastos de Administración	
3.2 Depreciación	
3.3 Impuestos	
3.4 Seguros y Fianzas	

4.- De la siguiente relación de instrumento derivados señale cuál(es) han sido aplicados por la organización.

4.1.- Coberturas cambiarias ☐

4.2.- Cobertura tasa de interés ☐

4.3- Contratos de futuros ☐

4.4.- Ninguno de los anteriores ☐

4.5- Otro, especifique ☐

Gracias por su colaboración.

Anexo 27. Flujos de efectivo

Rendimiento P ton / Ha		5	5	5
1.- Indicadores Productivos		M.N	USD	USD/COBERTURA
1.1.-Tamaño de la empresa		10	10	10
1.2. Rendimiento Unitario Kg/ Ha.		5,000	5,000	5,000
1.3 Precio de Venta Unitario		60	60	60
2.- Ingresos por Hectárea				
2.1 Ventas Totales		$ 3,000,000.00	$ 3,000,000.00	$ 3,000,000.00
3.- Costos de Operación por Ha.				
3.1 Costos Variables				
3.1.1 Alimento Balanceado		1,050,000.00	1,050,000.00	1,050,000.00
3.1.2 Compra Post-Larva		300,000.00	300,000.00	300,000.00
3.13. Mano de obra		240,000.00	240,000.00	240,000.00
3.1.4 Fertilizantes y Quimicos		45,000.00	45,000.00	45,000.00
3.1.5 Insumos y Auxiliares		60,000.00	60,000.00	60,000.00
3.1.6 Combustible y Lubricantes		300,000.00	300,000.00	300,000.00
3.1.7 Mantenimiento		30,000.00	30,000.00	30,000.00
3.1.8 Costo Financiero C.P.		266,053.93	86,957.64	86,957.64
3.1.9 Costo Cobertura		-	-	62,200.00
Total De costo Variable		2,291,053.93	2,111,957.64	2,174,157.64
3.2 Costos fijos		310,773.00	310,773.00	310,773.00
3.2.1 Gastos de Administración		120,000.00	120,000.00	120,000.00
3.2.2 Depreciacion		190,773.00	190,773.00	190,773.00
Utilidad Antes de Impuestos		398,173.07	577,269.36	515,069.36
I.S.R		-	-	-
Utilida Neta		398,173.07	577,269.36	515,069.36
Depreciación		190,773.00	190,773.00	190,773.00
Flujo Efectivo Neto		588,946.07	768,042.36	705,842.36
Utilidad por tonelada		**$ 11,778.92**	**$ 15,360.85**	**$ 14,116.85**

Anexo 28. Propuesta para abordar otra línea de investigación en el ámbito de la administración de riesgos

Selección de la muestra

El tipo de muestra se definirá por medio del método conglomerado, en donde se considera la población o universo. En el caso de las granjas acuícolas de Sonora, posee las mismas características del estudio, como se mencionó anteriormente (anexo). En la definición del tamaño de la muestra se aplicará el método de normalidad, con un 95 % de confiabilidad y un 5 % de error para poblaciones finitas.

Cálculo del tamaño de la muestra

Se desea saber qué tan grande se requiere que sea la muestra, para asegurar que el error al estimar *p* sea menor que una cantidad específica ε.

$$\varepsilon = \frac{z\sqrt{pq}}{n}$$

Elevando al cuadrado la ecuación anterior se despeja n y nos queda:

$$n = \frac{z^2pq}{\varepsilon^2}$$

Esta fórmula tiene sus limitaciones, dado que se debe utilizar *p* para determinar el tamaño de la muestra, pero *p* se calcula a partir de la muestra. Existen ocasiones en las cuales se tiene una idea del comportamiento de la proporción de la población y ese valor pueda sustituir la fórmula, pero este caso se desconoce; por lo que se considera tomar el valor de *p* como 0.50, dado que se puede obtener el tamaño de la muestra mayor posible. Como se puede establecer que es una población finita y un muestreo sin reemplazo, el error de estimación se convierte en la siguiente expresión matemática (Levin y Rubin, 2004:301):

$$e = \frac{z\sqrt{pq}}{n} \cdot \frac{\sqrt{N-n}}{N-1}$$

De nuevo se eleva al cuadrado ambos lados y se despeja *n*, obteniendo:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N-1) + Z^2 p \cdot q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra.

Z= Nivel de confianza (1.96).

p= Porcentaje de no implementación.

q= Porcentaje de implementación.

N= Tamaño de la población (51 organizaciones).

e= Error máximo permitido.

$$n = \frac{(1.96)^2(0.90)(0.10)(51)}{(0.05)^2(51-1) + (1.96)^2(0.90)(0.10)}$$

$$n = \frac{17.63}{0.4707}$$

$$n = 37.45$$

El muestreo de las unidades de observación y aplicación de la encuesta se realiza por azar sistemático, la totalidad de la población de las organizaciones acuícolas del sur de Sonora representa una población de 51 organizaciones.

1.- En la aplicación del método se utilizará la siguiente fórmula:

$$K = \frac{N}{n}$$

Donde:

N= número total del universo.

n= número de unidades que integran la muestra.

2.- Se efectúa un sorteo para elegir un número que sea inferior o igual al valor de K, como primera unidad para integrar la muestra se elige aquella que, en la lista general, posea idéntico número de orden al sorteado. Si se designa con A este primer valor, la segunda unidad elegida será la que lleve el número $A + K$, la tercera corresponderá a $A + 2K$ y así sucesivamente hasta llegar a $A + (n$ A)K (Hernández, Fernández, y Baptista, 2003:319).

Cálculo:

$$N = 51\ Organizaciones\ en\ el\ sur\ de\ Sonora.$$

$$n = 37.45$$

$$K = \frac{51}{37.45}$$

$$K = 1.37$$

Lo que permitirá, con base en este factor, en asignarle a cada unidad de las que están conformadas las organizaciones acuícolas, y la clave que le corresponde a la organización en que se llevará a cabo el estudio de investigación, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 63. Unidad de muestreo

Unidad (muestra)	k=1.37	Clave organización
1	1.37	1
2	2.74	2
3	4.11	4
4	5.48	5
5	6.85	7
6	8.22	8
7	9.59	9
8	10.96	11
9	12.33	12
10	13.7	13
11	15.07	15
12	16.44	16
13	17.81	17
14	19.18	19
15	20.55	20
16	21.92	22
17	23.29	23

18	24.66	24
19	26.03	26
20	27.4	27
21	28.77	28
22	30.14	30
23	31.51	31
24	32.88	33
25	34.25	34
26	35.62	36
27	36.99	37
28	38.36	38
29	39.73	40
30	41.1	41
31	42.47	42
32	43.84	44
33	45.21	45
34	46.58	47
35	47.95	48
36	49.32	49
37	-	51

Fuente: elaboración propia.

La población y el objeto de estudio están representados por las organizaciones acuícolas del sur de Sonora, en donde los sectores están divididos por distintas juntas locales de sanidad (anexo 7), que son las que aparecen en la siguiente tabla, también se incluye la superficie que posee cada una en hectáreas (ha):

Tabla 64. Juntas locales de sanidad

LOCALIZACIÓN	SUPERFICIE (ha)
Bahía Kino	3,893.82
Cardonal	1,991.96
Tastiota	4,391.39
Cruz Piedra	417.46
Guaymas	44.70
Lobos	626.68
Melagos	1,925.73
Atanasia	2,863.14
Tobarí	1,306.42
Siari	452.80
Riito	839.90
Aquiropo	1,173.56
Santa Bárbara	295.30
Agiabampo	219.00
Superficie total del espejo agua (ha)	**20,441.86**

Fuente: http://www.cosaes.com/

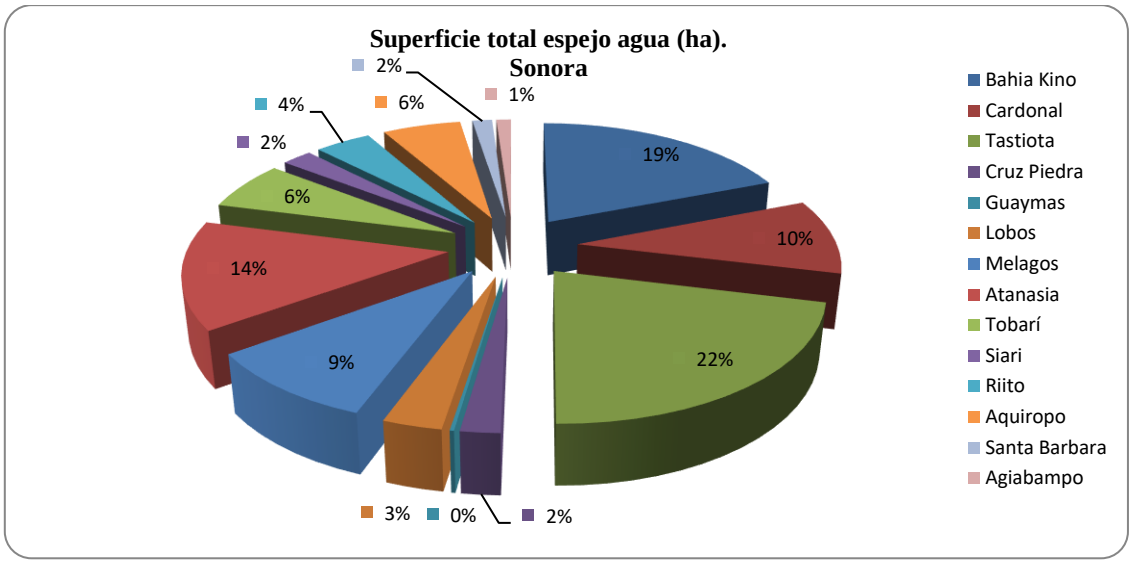


Figura 72. Porcentaje en hectáreas de las juntas locales que conforman la superficie total del espejo de agua en Sonora.
Fuente: elaboración propia.

Muestra estratificada: para realizar el muestreo y la aplicación de la encuesta, se seleccionaron las organizaciones acuícolas con el fin de conocer la importancia de implementar la administración del riesgo cambiario a través de un plan estratégico en una poblacion total de 133 organizaciones acuícolas en el estado de Sonora. Para el estudio se considera la parte sur de Sonora, la cual está constituida por un total de 51 organizaciones pertenecientes a los comités de sanidad: Lobos, Melagos y la Atanasia.

Tabla 65. Unidades de producción de Lobos

CLAVE	UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE LOBOS	Ha
1	Camaronicultores de Sonora, S.P.R. de R.L.	160.00
2	LLAOS Acuacultura, S.A. de C.V.	143.50
3	Granjas Río Azul, S.A. de C.V.	124.59
4	DC Acuícola, S.A. de C.V.	67.80
5	Hermanos Álvarez Valdez, S.P.R. de R.I.	53.90
6	La Atarraya, S.P.R. de R.I. (El Camarón Dorado, S.A. de C.V.)	46.44
7	Tecno Mar Granjas, S.P.R. de R.L.	30.45
	Total	**626.68**

Fuente: http://www.cosaes.com/

Tabla 66. Unidades de producción de los Melagos

CLAVE	UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE LOS MELAGOS	Ha
8	1 de Diciembre, S.P.R. de R.I. (Arrendado por Larvas Génesis, S.A. de C.V.)	273.70
9	Tres Socios Sonorenses Impulsora Acuícola, S.A. de C.V.	218.00
10	Crustáceo de Oro, S.P.R. de R.L.	194.00
11	11 de Diciembre de 1996, S.P.R. de R.I.	164.00
12	S.P.R. de R.I., La Loma de Félix	162.50
13	Acuícola 11 de Diciembre, S.A. de C.V.	114.46
14	Don Fili, S.P.R. de R.I.	85.00
15	El Cuchi, S.P.R. de R.I.	84.50
16	Don Hermilo, S.P.R. de R.I.	66.00
17	S.P.R. de R.I. La Loma de Toño (Rentado por Ac. Santa Magda, S.A. de C.V.)	62.30
18	Reforma Segunda, S.P.R. de R.I. (Arrendada)	61.77
19	La Loma de Zavala, S.P.R. de R.L. (Arrendada)	60.00
20	La Loma de Pancho, S.P.R. de R.I. (Arrendada)	52.50
21	S.P.R. de R.I. Río Muerto (Rentado por Ac. Santa Magda, S.A. de C.V.)	50.00
22	Acuícola El Dorado, S.A. de C.V. (Arrendado)	50.00
23	La Loma de Fernando, S.P.R. de R.I. (Arrendada)	50.00
24	La Marcha al Mar, S.P.R. de R.I. (Arrendada)	30.00
25	S.P.R. de R.I. 18 de Mayo (Rentado por Ac. Santa Magda, S.A. de C.V.)	16.00
26	S.P.R. de R.I., Estero los Melagos	90.00
27	Ejido General Ignacio F. Pesqueira, S. P. R. de R. I.	39.00
	Totales	**1,923.73**

Fuente: http://www.cosaes.com/

Tabla 67. Unidades de producción de la Atanasia

CLAVE	UNIDADES DE PRODUCCIÓN LA ATANASIA	Ha
28	Granja Santa Margarita, S.A. de C.V.	457.40
29	Aquasoles, S.P.R de R.L.	432.00
30	Granjas Marinas de Sonora, S.A. de C.V. (Arrendada por: Larvas Génesis, S.A. de C.V.)	358.90
31	Ejido Daniel Ley Zazueta (Arrendado por: El Camarón Dorado, S.A. de C.V.)	223.00
32	N. C. P. E. General Rafael Buelna	127.00
33	Ejido Remanentes de San Ignacio Río Muerto	120.00
34	Acuacultura Biotecnológica, S.P.R. de R.L. de C.V.	115.00
35	N. C. P. E. Gral. Anselmo Macías Valenzuela (Rentado por Acuícola Clej, S.A. de C.V.)	110.00
36	N. C. P. E. Ejido Enrique Landa (Arrendada por: Sr. José Rodrigo Bours Castelo)	105.00
37	N. C. P. E. Francisca Félix (Rentado por Acuícola Clej, S.A. de C.V)	99.00
38	N. C. P .E Cajeme Primero	96.00
39	N. C. P. E. Capacidad Agraria	76.00
40	N. C. P. E. Puente de Calderón	58.00
41	Acuícola La Paloma, S.A. de C.V. (Arrendada por El Camarón Dorado, S.A. de C.V.)	57.30
42	N. C. P. E. Tecombiate	54.00

43	N.C.P.E. Juan María Tetabiate (Rentada por: Mariscos Armenta, S.A. de C.V.)	44.00
44	Acuícola Doña Kika, S.P.R. de R.L. de C.V.	32.54
45	Producciones Tecnificadas, S.P.R. de R.L. (Arrendada por Acuícola Doña Kika, S.P.R. de R.L. de C.V.)	30.00
46	N. C. P. E. Antonio Medina Jaquez	69.00
47	N. C. P. E. Los Arcos	23.00
48	N.C. P. E. Tecombiate (Excedente) (Arrendada por: Producciones Tecnificadas, S.P.R. de R.I.)	13.00
49	S.P.R. de R.I., La Fortuna de Onabampo	5.00
50	N. C. P. E. José María Encinas	62.00
51	N. C. P. E. 25 de Octubre	96.00
	Totales	2,863.14

Fuente: http://www.cosaes.com/