



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



**EL ANÁLISIS DE RIESGO EN EL COMERCIO EXTERIOR
DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN MICHOACÁN: EL
CASO DEL LIMÓN Y LA MANZANA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN COMERCIO
EXTERIOR**

PRESENTA:

JAIME OTNIEL RAYA LOZA

DIRECTOR DE TESIS:

M.E. PLINIO HERNÁNDEZ BARRIGA

MORELIA, MICHOACÁN. JUNIO DE 2009

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
EL RIESGO FINANCIERO EN EL COMERCIO EXTERIOR.....	5
1. Planteamiento del problema	5
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.2.1. PREGUNTA CENTRAL	8
1.2.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS	8
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2. Justificación.....	10
3. Tipo de estudio.....	12
4. Método.....	12
4.1. HIPÓTESIS.....	12
4.1.1. HIPÓTESIS CENTRAL	12
4.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	13
4.2. VARIABLES.....	13
4.2.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	13
4.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE	14
4.3. OPERACIONALIZACIÓN.....	14
4.3.1. MATRIZ DE CONGRUENCIA.....	14
4.4. UNIVERSO DE ESTUDIO	14

CAPÍTULO II	
RIESGOS FINANCIEROS	17
1. Riesgos	17
1.1. DEFINICIÓN DE RIESGO	17
1.2. TIPOS DE RIESGOS	20
1.3. RIESGOS FINANCIEROS	21
1.3.1. RIESGOS DE MERCADO	21
1.3.1.1. RIESGO DE PRECIO.....	22
1.3.1.1.1. <i>VOLATILIDAD DE PRECIOS</i>	23
1.3.1.1.2. <i>INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE PRECIO</i>	24
1.3.1.2. RIESGO CAMBIARIO.....	25
1.3.1.2.1. <i>EL RIESGO DE CAMBIO EN LOS PAÍSES SUBDESARROLLADOS</i>	26
1.3.1.2.2. <i>EL RIESGO DE CAMBIO EN LAS OPERACIONES EMPRESARIALES</i>	27
1.3.1.2.3. <i>VOLATILIDAD DEL TIPO DE CAMBIO</i>	28
1.3.1.2.4. <i>INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE CAMBIO</i>	29
1.3.1.3. RIESGO DE INTERÉS	30
1.3.1.3.1. <i>EL RIESGO DE INTERÉS EN LAS OPERACIONES EMPRESARIALES</i>	31
1.3.1.3.2. <i>INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE INTERÉS</i>	32
2. El Análisis de Riesgo	32
2.1. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO	33
2.2. MEDICIÓN DE RIESGOS	34
2.2.1. FORMAS DE MEDICIÓN DE RIESGOS	34
2.2.2. MEDICIÓN DE ALTERNATIVAS RIESGOSAS	36
3. VaR (Valor en Riesgo)	37
3.1. EL CONCEPTO DE VAR	37
3.2. VAR VS VARIANZA	39
3.3. METODOLOGÍAS DE VAR	40
3.3.1. MÉTODOS NO PARAMÉTRICOS	41
3.3.1.1. SIMULACIÓN HISTÓRICA.....	41

3.3.1.2. SIMULACIÓN “MONTECARLO”.....	41
3.3.2. <i>VAR PARAMÉTRICO</i>	41
3.4. LA METODOLOGÍA DE <i>VAR RISKMETRICS</i>	42
3.5. EL VAR EN EL SECTOR AGRÍCOLA	47
3.6. LAS LIMITACIONES DEL VAR.....	48

CAPÍTULO III

ECONOMETRÍA DE SERIES DE TIEMPO:

LA METODOLOGÍA BOX-JENKINS.....	50
---------------------------------	----

1. Metodología Box-Jenkins.....	51
---------------------------------	----

2. Procesos Estocásticos.....	52
-------------------------------	----

2.1. PROCESO ESTOCÁSTICO ESTACIONARIO	52
---	----

2.2. PROCESOS ESTOCÁSTICOS NO ESTACIONARIOS.....	53
--	----

2.3. PROCESO ESTOCÁSTICO DE RAÍZ UNITARIA.....	55
--	----

2.4. PROCESOS ESTOCÁSTICOS DE TENDENCIA ESTACIONARIA (TE) Y DE DIFERENCIA ESTACIONARIA (DE)	55
--	----

2.5. PROCESOS ESTOCÁSTICOS INTEGRADOS.....	57
--	----

3. Pruebas de Estacionariedad.....	58
------------------------------------	----

3.1. PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA	58
------------------------------------	----

3.2. PROCESOS ESTACIONARIOS EN DIFERENCIAS	61
--	----

3.3. PROCESO ESTACIONARIO CON TENDENCIA.....	61
--	----

4. Validación de los Supuestos del Modelo: Normalidad, Autocorrelación y Heterocedasticidad.....	61
---	----

5. Capacidad de Predicción del Modelo.....	62
--	----

6. Intervalo de Confianza del Pronóstico.....	63
---	----

CAPÍTULO IV	
HACIA UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE PROBABILIDADES DE RIESGO.....	64
1. Series de Tiempo y Medición de Riesgo	65
2. Predictibilidad de las Variables de Riesgo.....	67
2.1. PRONÓSTICO DEL TIPO DE CAMBIO.....	68
2.2. PRONÓSTICO DE LA TASA DE INTERÉS	72
2.2.1. TASA DE INTERÉS NACIONAL.....	72
2.2.2. TASA DE INTERÉS INTERNACIONAL.....	74
2.3. PRONÓSTICO DE LOS PRECIOS AGRÍCOLAS.....	77
2.3.1. PRONÓSTICO DE LOS PRECIOS EXPORTACIÓN.....	77
2.3.2. PRONÓSTICO DE LOS PRECIOS DE IMPORTACIÓN.....	79
3. Aplicación del Pronóstico al Modelo de Probabilidad.....	82
3.1.ESCENARIOS DE DETERMINACIÓN DE PROBABILIDAD DE RIESGO.....	83
3.1.1. RIESGO CAMBIARIO	83
3.1.2. RIESGO DE INTERÉS NACIONAL	85
3.1.3. RIESGO DE INTERÉS INTERNACIONAL.....	86
3.1.4. RIESGO DE PRECIO DE EXPORTACIÓN.....	86
3.1.5. RIESGO DE PRECIO DE IMPORTACIÓN	87
4. Índice de Riesgo de Comercio Exterior.....	88
4.1. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO.....	90
4.2. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RIESGO	92
4.2.1. RIESGO MÁXIMO SOPORTADO.....	93
4.2.2. ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RIESGO.....	94
4.2.3. EL ÍNDICE DE RIESGO Y LOS MECANISMOS DE PROTECCIÓN	95
5. Eficacia de los Pronósticos de las Series de Tiempo.....	96

6. Ventajas y Limitaciones de la Metodología.....	96
CONCLUSIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101
APÉNDICE.....	104

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el Mundo se ha visto afectado por el cambio climático -atribuido en parte a la acción del ser humano-, el alto costo de los energéticos (especialmente del petróleo) y de los alimentos así como por una caída global en el sector financiero. A ese conjunto de eventos desfavorables se le ha catalogado como crisis que pueden resumirse en cuatro categorías: ambiental, energética, alimentaria y económica. Indudablemente las cuatro crisis son importantes quizá en la misma medida, sin embargo, pareciera que la económica es la que actualmente ocupa el centro de atención -probablemente por ser la más reciente-.

La crisis financiera es parte de la crisis económica, la cual se considera que fue iniciada por el colapso del sector inmobiliario estadounidense en 2006, pero comenzó a percibirse de forma significativa a partir del desplome del sistema financiero norteamericano en 2008 que a su vez contagió al internacional derivando en los derrumbes bursátiles de enero y octubre del mismo año, lo que en el caso de México se tradujo una drástica caída del peso.

Las crisis económicas y financieras que se han presentado a lo largo de la historia contemporánea advierten de los riesgos existentes en una economía de mercado, particularmente cuando se encuentra en desarrollo. Basta recordar la década de 1990 en la que varios países y regiones del mundo se vieron afectados ante estos fenómenos económicos: la caída del peso mexicano en 1994, la crisis financiera asiática en 1997, la crisis por moratoria en Rusia en 1998, la devaluación en Brasil en 1999 o la crisis en Argentina, en 2001, todas ellas economías emergentes, las cuales son más susceptibles a sufrir colapsos financieros. Un colapso financiero es particularmente serio en un país con altos niveles de endeudamiento en moneda extranjera pues puede inducir a quebrantos bancarios o del sector productivo, por ejemplo, tenemos el caso de Comercial Mexicana, empresa que además de financiarse en dólares, lo hizo a través de productos derivados que no pudieron ser pagados en el momento de la devaluación de octubre de 2008, ante la demanda de pago de los acreedores.

El endeudamiento en moneda extranjera o dolarización de pasivos es explicada por la posibilidad que tiene una empresa en un país en de endeudarse con préstamos en moneda nacional con probabilidades de enfrentarse a altos costos y a variabilidad de tipo de interés, pero pagando siempre en la moneda local y evitando asumir riesgos de tipo de cambio, o pagar una tasa más estable como la de los Estados Unidos y financiarse en moneda extranjera, sin embargo, asumiendo un mayor riesgo por las variaciones del tipo de cambio.

La situación económica reciente también se caracteriza por la crisis alimentaria, opacada por la crisis financiera, pero manifestada en términos económicos por importantes alzas de los precios de los productos agrícolas a nivel mundial, principalmente a finales de 2007 y durante 2008, situación que ha afectado a las regiones más pobres del mundo generando inestabilidad política y social. Los efectos de la crisis de alimentos pueden verse reflejados, entre otras cosas, en comportamientos atípicos en los precios internacionales de los productos primarios, especialmente agrícolas, incrementando así la volatilidad de precios, y con ello, el riesgo de comerciar con dichos productos.

Lo anterior ha provocado que gobiernos y empresarios fijen su atención en el análisis del riesgo financiero, de manera que la gestión de riesgos se ha ido convirtiendo en un tema cada vez más común aunque controversial en los últimos años, en donde se busca una administración del riesgo más eficiente ante los adversos movimientos de las variables económicas.

Puede apreciarse que las variables mencionadas con anterioridad: tipo de cambio, tasas de interés nacionales y extranjeras y precios de exportación e importación, son variables que guardan estrecha relación con el comercio exterior de las que puede depender el éxito, o el fracaso de las empresas comercializadoras (importadoras o exportadoras). Como ejemplo, se tiene el caso de la empresa AMIMEX, una aguacatera michoacana formada por productores con la intención de formar una exportadora en gran escala, que desapareció en poco tiempo debido a una mala administración del riesgo.

En un mundo globalizado se hace evidente la importancia de una adecuada medición del riesgo en el comercio exterior la cual será el objeto de estudio de la presente investigación. Para realizar dicho análisis se reflexiona acerca de las variables que inciden directamente en el comercio entre países (tipo de cambio, tasas de interés y precios) y se propone la generación de un índice que contribuya a cuantificar el riesgo que presentan las

empresas comercializadoras a través de métodos estadísticos que ayuden a determinar probabilidades de riesgo en relación a variables citadas.

Si bien la mala actuación de algunos gestores de riesgo pone en duda la utilización de las herramientas del análisis de riesgo, hay que hacer notar que esto no necesariamente es causa de la ineficacia de dichas herramientas, sino que también deben considerarse los errores que se han cometido al emplearlas, de manera que se vuelve necesario regresar a los principios de las herramientas del análisis de riesgo, comenzando por definir qué significa el riesgo, cómo puede identificarse y de qué formas puede medirse.

La presente investigación se compone de cuatro capítulos, en el primero de ellos se plantea el problema del riesgo en el comercio exterior con base en un marco referencial así como las preguntas de investigación fundadas principalmente en la cuestión de cómo se ven afectadas las empresas agro-comercializadoras por la volatilidad del tipo de cambio, de la tasa de interés y de los precios; así mismo, se mencionan los objetivos, todos ellos destinados a la generación de un índice para medir el riesgo de comercio exterior en términos de probabilidades y, finalmente, las hipótesis que guiarán a la investigación y que versan en que dichas variables de comercio exterior pueden causar pérdidas a la empresa debido a su volatilidad.

El segundo capítulo presenta una revisión de los conceptos existentes acerca del riesgo; podrá apreciarse que estos pueden ser muy similares, sin embargo, cada concepto tiene implicaciones distintas al momento de realizar sus mediciones. Posterior a las definiciones generales se revisan los diferentes conceptos de las clasificaciones del riesgo a las que se enfrentan las empresas comercializadoras así como los instrumentos que existen para su gestión. También se revisan algunos de los instrumentos más populares de medición de riesgo en las finanzas con el fin de conocer sus ventajas e implicaciones haciendo énfasis en los métodos paramétricos. Para cerrar el capítulo se mencionan algunos estudios y sus resultados en cuanto a la medición de riesgos para el sector agrícola.

Con la finalidad de proponer un método con mayor sustento estadístico para la medición de riesgo, en el tercer capítulo se revisa el método de predicción de series de tiempo propuesto por Box y Jenkins (1976) con el cuál se propone un método de medición de riesgos en términos de probabilidad en base a la volatilidad de las variables en cuestión aprovechando los comportamientos cíclicos y estacionales para así poder determinar

probabilidades de riesgo más precisas. Se analizarán las implicaciones estadísticas que requiere la metodología incluyendo los supuestos sobre los cuales un modelo tiene validez estadística para la predicción.

En el capítulo cuarto se propone una metodología de medición de probabilidades: de la aplicación de la metodología Box-Jenkins se obtiene una media pronosticada así como una desviación estándar, medidas que se utilizarán para la determinación de probabilidades de riesgo de cada una de las variables, las cuales serán ponderadas por razones financieras; la suma final de las probabilidades ponderadas darán como resultado un índice de riesgo de comercio exterior. Posterior a la propuesta metodológica, se realiza una aplicación del índice con datos reales de tipo de cambio, tasa de interés y precios que -bajo algunos supuestos- permitirá obtener las probabilidades de riesgo para una empresa dadas las condiciones económicas actuales. Para cerrar el capítulo, se realiza un análisis del índice obteniendo niveles de riesgo máximo soportado así como algunas estrategias para su gestión con base en las características del índice así como algunas implicaciones al utilizar mecanismos de protección. Finalmente, se puntualizan las conclusiones obtenidas de la investigación.

CAPÍTULO I

EL RIESGO FINANCIERO EN EL COMERCIO EXTERIOR

1. Planteamiento del problema

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El hombre se desenvuelve en un entorno azaroso, susceptible de eventos desfavorables, esto es lo que da lugar a la existencia del riesgo. El riesgo se refiere a una situación de posible pérdida, (Vilariño, 2001). En el contexto económico el daño se refiere, en general, a las pérdidas económicas, sin embargo, en la actividad económica se presenta una gran diversidad de riesgos, de manera que para el caso de la presente investigación se hará referencia solo al riesgo financiero de mercado presente en el comercio exterior de productos agrícolas en México.

Las empresas exportadoras e importadoras se encuentran inmersas en una realidad contingente al realizar sus operaciones comerciales internacionales, por lo que se enfrentan a varios tipos de riesgo, siendo quizá el más inmediato el riesgo de crédito.¹ Así mismo, los recurrentes periodos de inestabilidad y crisis financieras que se han dado durante las últimas dos décadas del siglo XX, han obligado a los gestores de riesgo a hacer uso cuidadoso de mecanismos de protección tales como las opciones, bonos, divisas, futuros, *swaps*, entre otros. Vilariño (2001) hace referencia a una serie de desastrosas crisis financieras en el comercio internacional, relacionados con la mala utilización de derivados² y que hicieron evidente la mala administración del riesgo, que finalmente se tradujo en enormes pérdidas económicas; entre dichas crisis, encontramos el caso de Barings, el banco bicentenario británico que tuvo que ser rescatado por el grupo holandés ING a principios de los años '90 por encontrarse en bancarrota por pérdidas de derivados, otro de los casos, el

¹ Entendiendo por éste a la posibilidad de sufrir una pérdida económica originada por el incumplimiento de las obligaciones contractuales.

² Se dice que un activo financiero es un derivado cuando los derechos contingentes que incorpora sobre flujos de liquidez futuros dependen del comportamiento de otro activo (precio de una acción, tipo de cambio de una divisa, etc.), o de variables económico financieras (índice bursátil, tipos de interés, índice de precios, etc.), que reciben el nombre de “subyacentes”. Debido a este hecho, el precio del producto derivado es en función del subyacente (Vilariño 2001).

grupo metalúrgico alemán Metallgesellschaft que necesitó un paquete de rescate de 2,200 millones de dólares después de la pérdida de derivados vinculados a productos energéticos; Kashima Oil, de Japón, que sufrió una pérdida de 1,600 millones de dólares por derivados en divisas; Procter & Gamble, de Estados Unidos, que perdió 102 millones de dólares por créditos recíprocos de tasas de interés, entre muchos otros (Khor, 1995). Recientemente, nuestro país fue testigo de un caso de consecuencias desastrosas después de un mal uso de derivados: el caso de COMERCI, la controladora de Comercial Mexicana que utilizó productos derivados para financiarse “vendiendo volatilidad cambiaria”, actividad que no tenía que ver con su giro, como lo indicó el mismo gobernador del Banco de México, Guillermo Ortiz Martínez (Milenio, 2008).

El comercio de productos agrícolas, por su parte, está siempre expuesto a la caída de los precios de sus productos, provocando incertidumbre en la empresa exportadora ya que si no tiene garantía de precios corre el riesgo de que al llegar sus productos al mercado meta, deba vender a precios que ni siquiera alcancen a cubrir sus costos. Ejemplo de lo anterior es el caso de la empresa michoacana AMIMEX (Aguacateros de Michoacán México), la cual enfrentó serios problemas financieros al comprometerse con pagos a los productores que no podría sostener al llegar el momento de la liquidación (Cavaletto, 1998). De igual manera sucede con la empresa importadora, el precio en el mercado nacional de un producto extranjero estará sujeto a los niveles de los precios al interior, lo cual supone un riesgo de manera similar que en el caso anterior.

El exportador en general debe asumir otros tipos de riesgo, ligados al nivel de financiamiento con que cuente la empresa, sea en moneda nacional o extranjera, lo cual representa un riesgo ante la posibilidad de incrementarse las tasas de interés en ambos casos, así como ante un alza inesperada en el tipo de cambio -caso del financiamiento en moneda extranjera-.

Así pues, todas las empresas exportadoras e importadoras, aseguradoras, o inversionistas deben realizar un análisis cuidadoso que les permita calcular el riesgo financiero, de manera que puedan elegir la mejor manera de protegerse antes de tomar una decisión, en el caso específico de las comercializadoras de productos agrícolas, hay que tomar en consideración las variables que afectan económicamente a sus empresas, tomando

en cuenta el tipo de cambio, los precios nacionales e internacionales, las tasas de interés y los niveles de financiamiento en moneda nacional y extranjera.

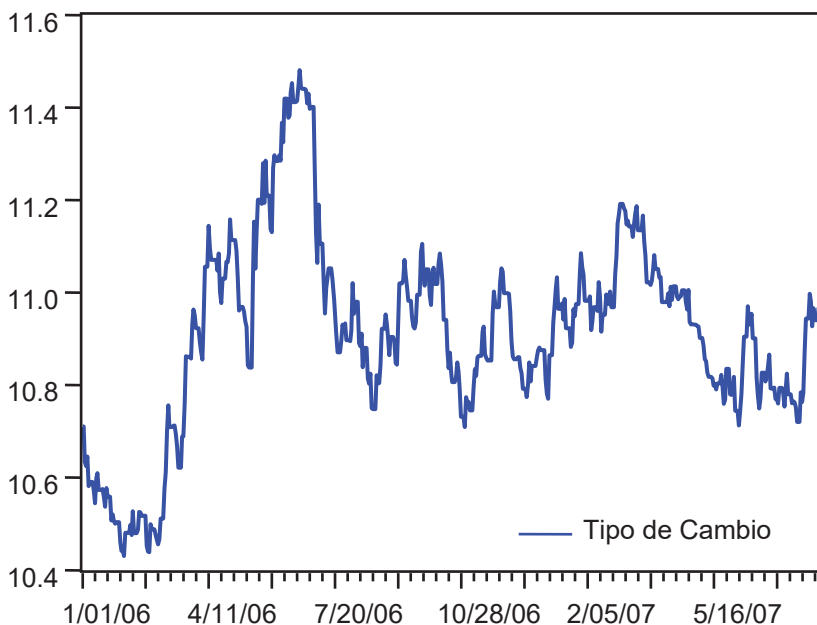


Gráfico I-1
Comportamiento
Diario del Tipo de
Cambio Spot
Ene/06-Ago/07

Unidad: Peso por dólar.
Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco de México.

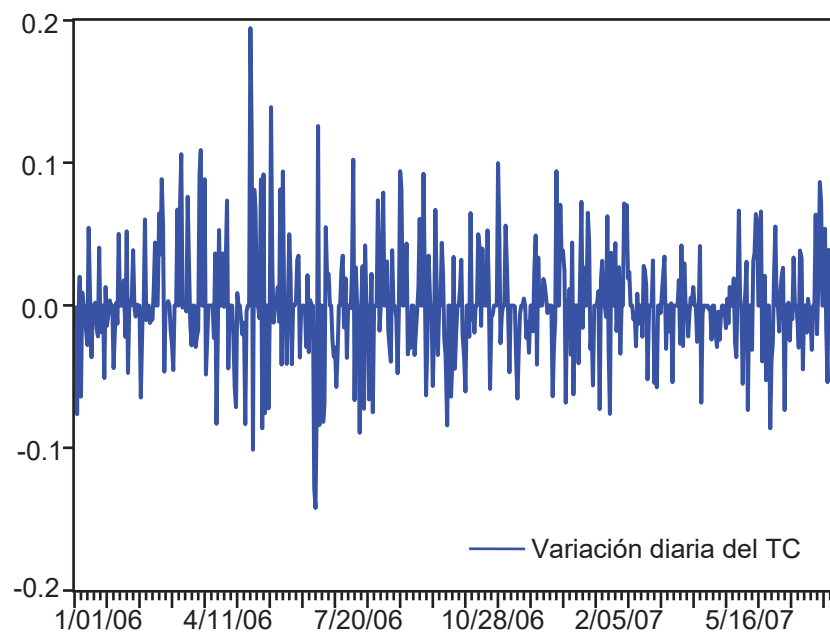


Gráfico I-2
Variación diaria
del Tipo de
Cambio Spot
Ene/06-Ago/07

Unidad: Peso por dólar.
Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco de México.

El gráfico I-1 muestra las variaciones del tipo de cambio en términos absolutos durante año y medio, puede observarse el riesgo que representan especialmente los periodos de grandes saltos y caídas y que se pueden apreciar de mejor manera en el gráfico I-2: en los periodos con mayor dispersión (las puntas largas) habrá un mayor riesgo que cuando los datos se aglutinan sobre la media.

Nunca se podrán prever de manera exacta ni puntual aquellos acontecimientos desfavorables, pues si así fuera, ya no se considerarían un riesgo sino un quebranto realizado, sin embargo, existe la posibilidad de calcular aproximaciones futuras que, en base al nivel de variaciones permitan determinar el nivel de riesgo futuro y de esta manera tomar las medidas necesarias de protección.

El estudio de determinación del nivel de riesgo de mercado, no es una actividad exclusiva de las empresas comercializadoras, puesto que también será útil para quien desea invertir en un proyecto de esta naturaleza, sea directa o indirectamente, así como para aquellas empresas dedicadas a la protección o cobertura (aseguradoras), en especial, al momento de fijar o pactar las primas por riesgo.

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. PREGUNTA CENTRAL

¿Determinan las variaciones del tipo de cambio, de los precios de los productos agrícolas, de las tasas de interés nacionales e internacionales y los niveles de financiamiento en moneda nacional y extranjera al riesgo financiero de las comercializadoras agrícolas mexicanas?

1.2.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS

- ¿Cómo influye la dispersión de las variaciones del tipo de cambio en el riesgo financiero de empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?
- ¿De qué forma afecta el financiamiento en moneda extranjera al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?

- ¿Cuál es el impacto de las tasas de interés extranjeras en el riesgo financiero de las empresas mexicanas comercializadoras de productos agrícolas?
- ¿Cómo impacta el nivel de financiamiento nacional en el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras o importadoras de productos agrícolas?
- ¿Cómo inciden los cambios en las tasas de interés al interior del país sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?
- ¿De qué manera las variaciones de los precios internacionales de productos agrícolas determinan al riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos?
- ¿De qué forma intervienen las variaciones de los precios nacionales de productos agrícolas en el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un método paramétrico que ayude a determinar -en términos de probabilidades- cuál es el riesgo financiero presente ante las variaciones del tipo de cambio, de los precios de los productos agrícolas, de las tasas de interés nacionales e internacionales y los niveles de financiamiento en moneda nacional y extranjera sobre el riesgo financiero de las comercializadoras agrícolas mexicanas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la influencia de la dispersión de las variaciones del tipo de cambio en el riesgo financiero de empresas mexicanas comercializadoras de productos agrícolas.
- Determinar de qué forma afecta el nivel de financiamiento en moneda extranjera al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.

- Identificar cómo afectan las variaciones de la tasa de interés internacional en el riesgo financiero de empresas mexicanas comercializadoras de productos agrícolas.
- Calcular el riesgo financiero provocado por el nivel de financiamiento en moneda nacional en el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras o importadoras de productos agrícolas.
- Obtener el nivel de influencia de los cambios en las tasas de interés al interior del país sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.
- Conocer el efecto de las variaciones de los precios internacionales de los productos agrícolas en el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos.
- Determinar de qué forma intervienen las variaciones de los precios nacionales de los productos agrícolas, en el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos.

2. Justificación

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte ha abierto las puertas para la exportación e importación de productos agrícolas en esta región, no obstante, la recurrencia de las adversidades financieras vistas en de los últimos treinta años ha obligado a los exportadores e importadores a fijar su atención en los movimientos de diversas variables del mercado para gestionar el riesgo presente al realizar estas actividades comerciales, de manera que dichas variaciones afecten lo menos posible a sus empresas, de ahí que desde hace unos quince años, las metodologías para el análisis de riesgo han tenido un auge extraordinario, no obstante, poco se escribe acerca del riesgo que corren los exportadores de productos agrícolas en cuanto a precios y tipo de cambio. Así mismo, el importador corre un riesgo al traer al mercado nacional, productos cuya venta estará determinada por los precios nacionales, aunque esta actividad, pudiera conllevar menores implicaciones, puesto que sólo se ocupa de la comercialización, a diferencia de las exportadoras que pueden ser también productoras.

La elección de financiamiento en moneda nacional o extranjera implica riesgos, los cuales se originan en el primer caso por las variaciones en la tasa de interés nacional mientras que en el caso del financiamiento extranjero, la variación de las tasas de interés extranjeras sumada a la variación en el tipo de cambio implicarán un riesgo de dos vertientes.

Así, no pueden dejarse de lado a las finanzas de la economía internacional, especialmente cuando hablamos de comercio exterior. Como ejemplo de lo anterior puede mencionarse la crisis del peso de 1994 en México, durante la cual el gobierno mexicano decidió no erigir barreras a sus socios norteamericanos -en parte por sus obligaciones en el TLCAN-, esto obligó a las empresas a enfrentarse a los retos que se presentan en la coyuntura del comercio y las finanzas internacionales, de tal manera que los empresarios fueron los gestores de riesgo quienes tuvieron que enfrentar los desafíos derivados de la participación en los mercados internacionales. Es por ello que los actuales gestores deberán continuar generando mecanismos que contribuyan a tomar mejores decisiones al momento de elegir las medidas de protección ante dichas crisis (Salazar, 1999).

La utilidad de los sistemas de medición de riesgo financiero consiste en el apoyo que brinda a la toma de un conjunto de decisiones de gran relieve en el ámbito de la gestión (Vilariño, 2001), las cuales puede resumirse en las siguientes:

- Obtención de rentabilidades ajustadas al riesgo soportado.
- Diseño de coberturas de riesgo.
- Determinación de objetivos en términos de rentabilidad esperada y riesgo soportado.
- Asignación de recursos en los presupuestos.
- Determinación de las primas de riesgo.

Es por lo anterior que ésta investigación se enfocará a desarrollar una metodología capaz de generar un índice de probabilidad de riesgo financiero ponderado -específicamente, el que se deriva del comercio exterior-, que contribuya a conocer el riesgo de exportar o importar determinado producto, y que coadyuve también al momento de elegir un mecanismo adecuado de protección de riesgo para la comercialización de productos agrícolas en México.

3. Tipo de estudio

La presente investigación es del tipo descriptivo en cuanto a que tiene el propósito de describir algunos eventos relacionados con el comportamiento de los mercados y situaciones en las que se encuentra presente el riesgo, describiendo cómo es y cómo se manifiesta dicho fenómeno, ofreciendo también la posibilidad de calcular algunas probabilidades de dicha situación.

Es también un estudio del tipo correlacional, puesto que la hipótesis principal, consiste en definir al riesgo financiero de mercado en la exportación-importación de productos agrícolas, en función de las variaciones del tipo de cambio, de los precios internacionales del sector, de las tasas de interés y de los niveles de financiamiento en moneda tanto nacional como extranjera.

4. Método

El método utilizado para el desarrollo de la investigación ha sido el hipotético deductivo, puesto que hubo de adentrarse primero en la teoría para poder desarrollar la idea, es decir, la teoría jugó un papel determinante para llegar al planteamiento del problema y su posible solución.

4.1. HIPÓTESIS

4.1.1. HIPÓTESIS CENTRAL

El riesgo financiero de las comercializadoras de productos agrícolas depende de las variaciones del tipo de cambio, de los precios agrícolas internacionales, de las tasas de interés nacionales e internacionales así como de los niveles de financiamiento nacional y externo.

4.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El aumento en la dispersión de las variaciones del tipo de cambio influye de manera directa sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.
- La disminución del nivel de financiamiento en moneda extranjera reduce el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.
- La mayor volatilidad de las tasas de interés internacionales incrementa al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.
- El nivel de financiamiento en moneda nacional impacta de manera directa al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras o importadoras de productos agrícolas.
- La mayor volatilidad de las tasas de interés al interior del país causa de manera directa al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.
- Tanto menor es la variación de los precios internacionales de los productos agrícolas, menor será el riesgo financiero de las empresas exportadoras de dichos productos.
- Las variaciones de los precios nacionales inciden de manera positiva en el riesgo financiero de los importadores mexicanos de productos agrícolas.

4.2. VARIABLES

4.2.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Dispersión de las variaciones tipo de cambio.
- Nivel de financiamiento en moneda extranjera.
- Volatilidad de las tasas de interés internacionales.
- Nivel de financiamiento en moneda nacional.
- Volatilidad de las tasas de interés nacionales.

- Variaciones de los precios internacionales de los productos agrícolas.
- Variaciones en los precios nacionales de los productos agrícolas.

4.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Riesgo financiero de mercado.

4.3. OPERACIONALIZACIÓN

4.3.1. MATRIZ DE CONGRUENCIA

En el Cuadro I-1 se muestra la matriz de congruencia, en la cual se resumen las ideas principales de investigación con las preguntas de investigación, objetivos, hipótesis, dimensión y los indicadores que se utilizaron en la investigación para la medición de las variables.

4.4. UNIVERSO DE ESTUDIO

Para la determinación del análisis de riesgo financiero, se considerarán como universo de estudio al conjunto de variables financieras que afectan a las exportadoras de limón hacia California así como a las importadoras de manzana de los Estados Unidos a Michoacán, tales como tipo de cambio, tasas de interés nacionales e internacionales y los precios de exportación e importación ya mencionados.

Cuadro I-1 Matriz de Congruencia					
Planteamiento del problema		Hipótesis	VARIABLES	Dimensión	Indicadores
Identificación	Objetivo				
¿Cómo influyen las variaciones del tipo de cambio, de los precios de los productos agrícolas, de las tasas de interés nacionales e internacionales y los niveles de financiamiento en moneda nacional y extranjera sobre el riesgo financiero de las comercializadoras agrícolas mexicanas?	Determinar cuál es el riesgo financiero presente ante las variaciones del tipo de cambio, de los precios de los productos agrícolas, de las tasas de interés nacionales e internacionales y los niveles de financiamiento en moneda nacional y extranjera sobre el riesgo financiero de las comercializadoras agrícolas mexicanas.	El riesgo financiero de las comercializadoras de productos agrícolas depende de las variaciones del tipo de cambio, de los precios agrícolas internacionales, de las tasas de interés nacionales e internacionales así como de los niveles de financiamiento nacional y externo.	VARIABLES INDEPENDIENTES: - Dispersión de las variaciones en moneda extranjera. - Nivel de financiamiento en moneda extranjera. - Volatilidad de las tasas de interés nac. - Nivel de financiamiento nacional. - Volatilidad de las tasas de interés internacionales. - Variaciones en los precios nacionales de los productos agrícolas. - Variaciones de los precios internacionales de los productos agrícolas. VARIABLE DEPENDIENTE - Riesgo financiero de mercado.	Riesgo financiero de mercado: posibilidad de sufrir una pérdida económica por movimientos adversos del mercado (sean tasas de interés, tipo de cambio, o precios de los productos agrícolas).	Probabilidad calculada de sufrir una pérdida por movimientos adversos en el mercado de capital (tasa de interés nacional e internacional y tipo de cambio) y de físicos (en este caso, productos agrícolas), así como del nivel de financiamiento nacional e internacional.
¿Cómo influyen las variaciones del tipo de cambio en el riesgo financiero de empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?	Identificar la influencia de las variaciones del tipo de cambio en el riesgo financiero de empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	El aumento en la dispersión de las variaciones del tipo de cambio influye de manera directa sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	VARIABLE INDEPENDIENTE: - Dispersión del tipo de cambio. VARIABLE DEPENDIENTE - Riesgo financiero de mercado.	Dispersión del tipo de cambio: distribución del comportamiento del valor de la moneda nacional en términos de moneda extranjera.	Probabilidad de riesgo de la serie estadística del tipo de cambio promedio del periodo (datos del Banco de México)
¿De qué forma afecta el nivel de financiamiento en moneda extranjera al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?	Determinar de qué forma afecta el nivel de financiamiento en moneda extranjera al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	La disminución del nivel de financiamiento en moneda extranjera reduce el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	VARIABLE INDEPENDIENTE: - Nivel de financiamiento en moneda extranjera. VARIABLE DEPENDIENTE - Riesgo financiero de mercado.	Nivel de financiamiento en moneda extranjera: valor relativo (con respecto al activo) de las deudas contraídas en moneda extranjera a cambio de un interés. Que grava a la empresa.	Razón financiera "pasivo en moneda extranjera sobre activo" de la empresa comercializadora de productos agrícolas.

Planteamiento del problema		Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores
Identificación	Objetivo				
¿Cómo inciden los cambios en las tasas de interés internacionales sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?	Obtener el nivel de influencia de los cambios en las tasas de interés internacionales sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	La volatilidad de las tasas de interés internacionales causa de manera directa al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volatilidad de las tasas de interés internacionales. <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo financiero de mercado. 	Volatilidad de las tasas de interés: Inestabilidad estadística de los valores de las tasas de interés internacionales, entendiendo por estas a el porcentaje pagado como renta ocasionado por el uso de un capital ajeno.	Probabilidad de riesgo calculada de la serie estadística de las tasas de interés internacionales activas del periodo (Fuente: FMI)
¿Cómo impacta el nivel de financiamiento nacional en el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras o importadoras de productos agrícolas?	Calcular el riesgo financiero provocado por el nivel de financiamiento en moneda nacional en el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras o importadoras de productos agrícolas.	El nivel de financiamiento en moneda nacional impacta de manera directa al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras o importadoras de productos agrícolas.	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de financiamiento en moneda nacional. <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo financiero de mercado. 	Nivel de financiamiento en moneda nacional: valor relativo (con respecto al activo) de las deudas contraídas en moneda nacional a cambio de un interés. Que grava a la empresa.	Razón financiera "pasivo en moneda nacional sobre activo" de la empresa comercializadora de productos agrícolas.
¿Cómo inciden los cambios en las tasas de interés nacionales sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas?	Obtener el nivel de influencia de los cambios en las tasas de interés nacionales sobre el riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	La volatilidad de las tasas de interés nacionales causa de manera directa al riesgo financiero de las empresas mexicanas exportadoras e importadoras de productos agrícolas.	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volatilidad de las tasas de interés nacionales. <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo financiero de mercado. 	Volatilidad de las tasas de interés: Inestabilidad estadística de los valores de las tasas de interés nacionales, entendiendo por estas a el porcentaje pagado como renta ocasionado por el uso de un capital ajeno.	Probabilidad de riesgo calculada de la serie estadística de las tasas de interés nacionales activas del periodo (Fuente: FMI)
¿De qué manera determinan las variaciones de los precios internacionales de productos agrícolas, el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos?	Conocer el efecto de las variaciones de los precios internacionales de los productos agrícolas en el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos.	Tanto menor es la variación de los precios internacionales de los productos agrícolas, menor será el riesgo financiero de las empresas exportadoras de dichos productos.	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variaciones de los precios internacionales de los productos agrícolas. <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo financiero de mercado. 	Variaciones de los precios internacionales de los productos agrícolas: cambios dados en los precios internacionales de aquellos bienes que se obtienen por el cultivo de la tierra.	Desviación estándar calculada de la serie estadística de los precios nacionales del (los) producto(s) agrícola(s) comercializado(s) por la empresa (Fuente: USDA)
¿De qué forma intervienen las variaciones de los precios nacionales de productos agrícolas, en el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos?	Describir de qué forma intervienen las variaciones de los precios nacionales de los productos agrícolas, en el riesgo financiero de los exportadores e importadores mexicanos de dichos productos.	Las variaciones de los precios nacionales inciden de manera positiva en el riesgo financiero de los importadores mexicanos de productos agrícolas.	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variaciones en los precios nacionales de los productos agrícolas. <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo financiero de mercado. 	Variaciones en los precios nacionales de los productos agrícolas: cambios dados en los precios nacionales de aquellos bienes que se obtienen por el cultivo de la tierra.	Error estándar de la serie estadística de los precios nacionales del (los) producto(s) agrícola(s) comercializado(s) por la empresa (Fuente: SNIIM)

Elaboración propia.

CAPÍTULO II

RIESGOS FINANCIEROS

1. Riesgo

1.1. DEFINICIÓN DE RIESGO

Toda actividad humana se realiza en un entorno contingente, por lo que es susceptible de eventos desfavorables, esto es lo que da lugar a la existencia del riesgo. La palabra riesgo proviene del latín “*risicare*” que significa “atreverse” (BANXICO, 2005). La Real Academia Española define la palabra riesgo como una contingencia o proximidad de un daño (RAE, 2001).

Para Vilariño (2001), la palabra riesgo se refiere a una situación de posible pérdida, y el tipo de daño dependerá del tipo de actividad que se realice. Esta definición implica la posibilidad de un suceso, es decir, un hecho que no se sabe si sucederá o no, ya que si se sabe con certeza que va a suceder no se habla de contingencia ni de riesgo, aún cuando el hecho sea un daño puesto que se trataría de un quebranto ya realizado.

Según Arcidiácono (2004), el riesgo puede tener una connotación negativa si se interpreta como la amenaza de que se produzcan circunstancias adversas, o una connotación positiva si se entiende como la oportunidad de obtener beneficios adicionales al asumir riesgos. Es decir, el riesgo se paga pero también se recompensa y dependerá de la perspectiva con que se aprecie.

Hardaker (2000), afirma que el término “riesgo” se ha utilizado de diferentes maneras, lo que ha causado confusión sobre todo cuando se hacen esfuerzos sistemáticos para medir el riesgo y evaluarlo. Entre los muchos usos de la palabra, menciona tres interpretaciones:

1. la posibilidad de un resultado perjudicial;
2. la variabilidad de resultados, es decir inestabilidad; y
3. la incertidumbre de resultados.

Aunque parecen similares, estas definiciones implican formas distintas de medir el riesgo. Las dos primeras se usan comúnmente, sin embargo, la definición de riesgo más clara para Hardaker (2000) es considerarlo como la incertidumbre de resultados. La debilidad de las primeras dos definiciones del riesgo con sus medidas asociadas es que ninguna “cuenta la historia completa” al momento de tomar una decisión entre alternativas riesgosas. Hardaker realiza el siguiente análisis para cada una de las definiciones:

- 1) *Posibilidad de un mal resultado*: no todo riesgo con malos resultados es rechazado. Ejemplo: la gente viaja en coche para vacacionar -una actividad que aumenta la probabilidad de muerte o lesión seria en un accidente de camino-, es decir, la gente considera opciones con posibilidades de muy malos acontecimientos, quizá porque los beneficios -visitar algún sitio de interés- son suficientemente atractivos como para compensar las posibilidades relativamente bajas de un mal resultado. Además, para determinar los riesgos se debe considerar la gama entera de buenos y malos resultados y sus probabilidades asociadas. Las descripciones de riesgo expresadas solamente en términos de probabilidad de la cola más baja de la distribución de resultados no proporcionan la información completa para una apropiada valoración del riesgo, de modo que pueden ser seriamente engañosas.
- 2) *Variabilidad de resultados*: un argumento similar al anterior muestra la limitación de la sola varianza como medida del riesgo: por ejemplo, considérense dos distribuciones normales de los precios de dos acciones distintas -por ejemplo- con varianzas idénticas pero diferentes medias. Algunos preferirán la que tiene la media más alta. Por otra parte, muchos considerarían la distribución situada más a la derecha como la menos riesgosa de las dos, puesto que la posibilidad de conseguir menos que cualquier nivel especificado de X es más bajo para esta distribución que para la que tiene una media más baja. Por otra parte, usando la varianza como medida de riesgo, sugiere que las dos distribuciones son igualmente riesgosas. Claramente, podríamos evitar tal confusión interpretando las medidas de dispersión o de estabilidad simplemente tal cual son, y no con referirse a ellas como medidas “autosuficientes” de riesgo.
- 3) *Incetidumbre de resultados*: finalmente, según Hardaker, adoptar la tercera definición de riesgo como la distribución completa de resultados significa que no

hay ningún estadístico que se pueda utilizar para medir el riesgo, de modo que será imposible comparar distribuciones en términos de su nivel de riesgo. Mientras esto puede hacer parecer vaga a la noción de riesgo, de hecho, la ausencia de una sola medida demuestra no ser ningún impedimento a la valoración comparativa de las perspectivas alternativas de riesgo. Esta tercera perspectiva de riesgo implica que las nociones de mayor o menor riesgo son insatisfactorias, y los analistas cuidadosos se deben limitar a describir a lo riesgoso como lo “no preferido” contra lo “preferido”.

Para enriquecer el concepto de riesgo Vilariño (2001) lo explica por etapas, señalando los diferentes aspectos en su construcción conceptual. Comienza con la selección de la variable que mide el resultado. Puede ser, por ejemplo, un beneficio contable o un margen de rentabilidad, por citar un par de casos representativos. De este modo, existe una variable susceptible de tomar distintos valores en el futuro, y cuyo resultado no puede predecirse exactamente, un nuevo eslabón para caracterizar el riesgo es la determinación de dicho horizonte futuro: un día, diez días, un año, etc. De modo que se tendrá así una variable relevante y un horizonte temporal. Luego, se supone que la variable elegida se comporta como una variable aleatoria, lo que permite utilizar los métodos y resultados de la estadística. Así por ejemplo, se dirá que el beneficio de una empresa con horizonte anual sigue alguna distribución de probabilidad (normal, lognormal, beta, Pareto, etc.) con determinados parámetros, cuya estimación se obtendrá de datos históricos. De manera que ya se cuenta con varios supuestos: una variable conocida, que se comporta como una variable aleatoria conocida, y que se ha fijado ya un horizonte temporal determinado. De manera que pueden formularse ya diversas preguntas, tales como: ¿Cuál es el valor esperado para la variable dentro de cierto tiempo? ¿Cuál será el valor mínimo que puede adoptar en cierto tiempo? ¿Cuál es la probabilidad de que la variable alcance determinado valor? Lo que se ha planteado para esta variable no especificada, pudiera aplicarse para los beneficios de una empresa, el precio de un bono, de una acción o al valor de mercado de algún instrumento derivado, etc.

Si el riesgo se define como la pérdida potencial por encima de un resultado esperado, proyectado o calculado, nuevamente, al introducir los términos de resultado esperado, se hace uso, implícitamente, de conceptos que ya están en el campo de la probabilidad.

De tal manera, la definición de riesgo para Vilariño (2001) es mucho más elaborada, y lo conceptualiza de la siguiente manera: “riesgo, es la posibilidad de que se produzca un resultado desfavorable en relación con un resultado esperado” -lo que finalmente coincide con el análisis de Hardaker (2000), definiendo al riesgo no solo como un posible mal resultado, sino a la posibilidad de que ocurra algo no esperado o “no preferido”.

1.2. TIPOS DE RIESGOS

De acuerdo con Catherine Mansell (1992), se pueden distinguir dos tipos de riesgo de manera general:

- *Riesgos exógenos*: son aquellos riesgos fuera del control de las empresas, derivados de la coyuntura económica que afecta a todos los agentes económicos por igual, tales como tipo de cambio, precios y tasa de interés. Con frecuencia, es posible cubrirlos.
- *Riesgos intrínsecos*: se derivan de la actividad desarrollada por la empresa, sus procesos, su organización, éste constituye un riesgo más o menos identificable y por lo tanto, es gestionable, pero dichos riesgos no es posible cubrirlos.

Arcidiácono (2004) por su parte, distingue dos tipos generales de riesgos:

- *Riesgo sistemático o de mercado*: derivado de la coyuntura económica que afecta a todos los agentes económicos por igual, es difícilmente controlable y gestionable.
- *Riesgo específico de una empresa*: se deriva de la actividad desarrollada por la empresa, sus procesos, su organización, éste constituye un riesgo más o menos identificable y por lo tanto es gestionable.

La fuente de los riesgos financieros puede considerarse dentro de los riesgos exógenos o sistemáticos, que, aunque no son controlables, si son susceptibles de cobertura, lo que da lugar a la investigación del análisis de riesgo en este campo, ya que no por ser exógenos significa que la empresa deba abandonarse a su suerte con respecto a dichos factores de riesgo (precios, tipo de cambio, tasa de interés, por ejemplo).

1.3. RIESGOS FINANCIEROS

En finanzas, el concepto de riesgo está relacionado con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes en los mercados financieros, como pueden ser inversionistas, deudores o entidades financieras. El riesgo es producto de la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos financieros ante movimientos adversos de los factores que determinan su precio; a mayor incertidumbre mayor riesgo (BANXICO, 2005).

De acuerdo con Vilariño (2001), los riesgos financieros están relacionados con las posibles pérdidas generadas en las actividades financieras. Movimientos desfavorables en precios, tipo de cambio o tasas de interés son fuentes de riesgo financiero. Las entidades financieras, al igual que otros agentes que toman posiciones en activos financieros no buscan eliminar estos riesgos (sería imposible), sino gestionarlos y controlarlos, para lo cual necesitan, en primer lugar, identificarlos y medirlos. Por otra parte, existe siempre una cuestión previa, y es el perfil de riesgo que se quiere adoptar, cuestión que es variable para cada agente económico. Los riesgos, en definitiva, se toman, y el peor de los mundos se presenta cuando un perfil de riesgo no es producto de una decisión calculada, sino de una operativa de mercado que busca solo la rentabilidad o el crecimiento, olvidándose del riesgo. Para Vilariño, los riesgos financieros pueden clasificarse en riesgo de crédito, de mercado o de liquidez; entendiendo al riesgo de mercado como la posibilidad de pérdida originada por un movimiento adverso de los precios de mercado. No obstante, al ser el concepto de actividad económica muy amplio es necesario delimitarlo y hablar de riesgos en ámbitos más restringidos, según diferentes actividades, horizontes temporales y funciones. De ahí que la presente investigación haga referencia al riesgo financiero de mercado derivado del comercio exterior de productos agrícolas en México.

1.3.1. RIESGOS DE MERCADO

Riesgo de mercado se entiende como las posibles pérdidas que pueden producirse en activos financieros que forman parte de carteras de negociación y de inversión, y que están originadas por movimientos adversos de los precios de mercado; casos particulares de los

riesgos de mercado, son los riesgos de interés y de cambio³. Este tipo de riesgos han crecido en importancia a medida que se fueron creando instrumentos financieros y que se incrementa la utilización de derivados entre los agentes especializados (bancos de inversión, sociedades de valores, fondos de inversión) así como entre los inversores particulares (Vilariño, 2001). En el caso de ésta investigación se ha ligado el riesgo de mercado al nivel de financiamiento⁴, sea en moneda extranjera o nacional, con que cuente la empresa, en donde el nivel de riesgo viene determinado por los movimientos adversos en el tipo de cambio o en la tasa de interés nacional, respectivamente.

1.3.1.1. RIESGO DE PRECIO

Se entiende como el riesgo presente ante los movimientos adversos de los precios de los productos con respecto al valor estimado de venta al momento de realizarse la transacción (Vilariño, 2001). La variabilidad de los precios es una de las principales fuentes de incertidumbre en la gestión comercial agrícola: toda vez que los precios varían de año en año, repercutiendo en los resultados de las proyecciones de mediano y largo plazo, así como a corto plazo, afectando significativamente el resultado de las decisiones tomadas diariamente. Al menos en el caso de los productos agrícolas, las causas de la volatilidad de precios son ajenas al control de las empresas y responden más bien a los niveles de oferta -definido por decisiones de producción de los productores individuales y al clima- y de demanda -determinado por los ingresos de los consumidores, políticas de exportación, economías regionales y la provisión de bienes sustitutos. Aunque la variación de algunos precios de *commodities* responde a tendencias cíclicas o estacionales que pueden predecirse, conllevan un gran índice de volatilidad intrínseco (Arcidiácono 2004).

³ Para efectos de esta investigación se considera también al riesgo de precio dentro del riesgo financiero de mercado.

⁴ Participación de capital ajeno a la empresa cuya finalidad es proporcionar los recursos necesarios para la consecución de los objetivos de ésta.

1.3.1.1.1. VOLATILIDAD DE PRECIOS

Los precios de las materias primas, productos básicos, genéricos o *commodities*, son volátiles por naturaleza, es decir, varían con frecuencia. Aunque esta característica no es exclusiva de los mercados de productos básicos, es una fuente de inestabilidad e incertidumbre para gobiernos, productores, comercializadores, industriales e instituciones financieras, teniendo un impacto negativo en el crecimiento económico y en la distribución del ingreso. En muchos países en desarrollo, los ingresos del gobierno dependen de los precios de estos productos (SAGARPA 1999).

Bousard (2004), menciona que los mercados de productos agrícolas son tan inestables que esta característica rara vez se considera una bendición. En otros mercados los precios necesariamente varían, pero lentamente, mientras que en los mercados agrícolas, por el contrario, llegan a variar de tal modo que en unas semanas puede llegar a variar hasta el cuádruplo. Es imposible predecir si el costo de producir tomates será multiplicado o dividido por cuatro dentro de unas semanas, lo que significa que, dependiendo del momento, cualquier cliente se beneficia por los bajos precios del tomate (a expensas del productor) o paga el doble del costo. Ninguna de estas dos situaciones es satisfactoria desde el punto de vista del bienestar. De hecho, las fluctuaciones de precio minan el papel básico del precio: ser un mensajero entre el consumidor y el productor, informando acerca de los deseos del consumidor y las dificultades de producir. Con los constantes cambios en los precios, las decisiones que se toman a futuro serán inadecuadas y los recursos desperdiciados.

En el pasado se intentó eliminar la fluctuación de precios a través de la intervención gubernamental en los mercados, así como mediante la constitución de inventarios y reservas para controlar la oferta. No obstante, el gobierno mexicano ha considerado más sensato aceptar la volatilidad e implementar estrategias de administración de riesgos que contribuyan a atenuar los efectos de estas variaciones y permitan, en general, prever y asegurar un nivel deseable de ingresos con un nivel aceptable de riesgo. Lo que implica transferir la parte indeseable del riesgo a un tercero, es decir cubrirse, aceptando a cambio pagarle un costo razonable (SAGARPA, 1999).

Existen dos explicaciones principales ante la volatilidad de los precios de los productos agrícolas que Bousard (2004) recoge en su estudio:

a) *La explicación climática:* según esta línea, la fluctuación climática es responsable de las fluctuaciones del precio. Por ejemplo: el precio del café se eleva debido a una helada en Brasil, o el precio del grano cae debido a un año excepcionalmente bueno en Colombia.

La explicación a tales comportamientos en los precios la encontramos en los “pseudo-eventos meteorológicos” -los cambios aleatorios en los gustos del consumidor, o cualquier otra “intervención de la mano de Dios”.

b) *La hipótesis de fluctuaciones endógenas:* tanto para la agricultura como para las *commodities* la oferta es poco elástica en el corto plazo. Al contrario, en el largo plazo, es muy elástica. Siempre que un gobierno garantice que el esquema del precio está operando es de esperar que la oferta crezca al infinito virtual. No obstante, tomando en cuenta que la demanda es pobremente elástica, los precios no cambian la demanda, y es ahí donde se encuentra la fuente de la “inestabilidad dinámica del equilibrio”.

1.3.1.1.2. INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE PRECIO

En los últimos años los mercados de instrumentos derivados han cobrado relevancia en todo el mundo debido a su gran capacidad para ser utilizados en la gestión del riesgo. Un instrumento derivado es un instrumento financiero cuyo valor depende del precio de otro activo llamado activo subyacente que puede estar representado por activos físicos, activos financieros, tasas de interés o índices económicos y financieros. Los instrumentos derivados más conocidos y utilizados son:

- *Contratos adelantados (Futuros y Forwards):* acuerdo entre dos partes que se constituye para realizar una transacción comercial en el futuro, acordándose el precio al cual se llevará a cabo la transacción, las características del bien que será entregado (activo subyacente) y la fecha de entrega al realizar el contrato, no significando un costo para ninguna de las partes involucradas ya que se trata de un contrato bilateral en que ambas partes asumen obligaciones.
- *Las Opciones:* una Opción en un contrato en el que una parte (el lanzador) asume la obligación de llevar a cabo la transacción en caso de que la otra parte (el tomador)

decida realizarla, es decir que a diferencia de los contratos diferidos en lo que ambas partes están obligadas a efectuar la transacción bajo las condiciones estipuladas, en las Opciones una parte adquiere un derecho por el que deberá pagar un precio, la prima, mientras que la otra asume una obligación, retribuida por esta prima. Las opciones se clasifican de la siguiente manera:

- *Según el derecho adquirido:*
 - Opciones de Compra (*Call*), el tomador de la Opción adquiere el derecho a comprar el activo subyacente, mientras que el lanzador tiene la obligación de venderlo
 - Opciones de Venta (*Put*), el tomador adquiere el derecho a vender el bien, mientras que el lanzador está obligado a comprarlo.
- *Según la fecha en que se puede ejercer el derecho:*
 - Opciones Europeas: la fecha de vencimiento (fecha de ejercicio) es el único momento en el que el tomador puede ejercer su derecho.
 - Opciones Americanas: el tomador puede ejercer su derecho en cualquier momento desde que adquiere la Opción hasta la fecha de vencimiento de la misma.

1.3.1.2. RIESGO CAMBIARIO

Siguiendo la definición de Vilariño (2001), el riesgo cambiario es el fenómeno que implica que un agente económico coloque parte de sus activos en una moneda o instrumento financiero denominado en moneda diferente de la cual utiliza este agente como base para sus operaciones cotidianas. Dentro de un esquema de fluctuaciones entre los tipos de cambio que relacionan a dos monedas, las variaciones en el valor de una moneda denominada en términos de otra constituyen variaciones en el tipo cambiario que afectan a la riqueza total de la empresa que mantiene posiciones denominadas en moneda extranjera. Estas variaciones dan lugar a un cierto factor de riesgo que se incrementa de acuerdo con la volatilidad que hay en el precio de estas monedas.

Mansell (1992) lo identifica como el riesgo ante una variación en las ganancias netas como resultado de movimientos en un cierto tipo de cambio.

Para Arcidiácono (2004), el riesgo cambiario es un riesgo sistemático ya que no se puede eliminar a través de una buena diversificación, sino que hace referencia a cómo las variaciones en los tipos de cambio de las divisas afectan al rendimiento de las inversiones. Puesto que el valor de las divisas entre sí fluctúa a través del tiempo, cualquier crédito a liquidar en moneda extranjera, en una fecha futura, lleva incorporado implícitamente el riesgo de cambio. Si bien la parte deudora preferirá que le facturen en una divisa débil, mientras que la parte acreedora pretenderá justamente lo contrario, la única forma de eliminar el riesgo de cambio sería operando con la moneda nacional, siempre que se trate de una divisa moderadamente fuerte y estable.

1.3.1.2.1. EL RIESGO DE CAMBIO EN LOS PAÍSES SUBDESARROLLADOS

Es importante mencionar que, en el caso de las economías emergentes, el riesgo cambiario se encuentra presente de manera permanente incluso (o más aún) con un tipo de cambio fijo: mientras esté presente la dolarización de pasivos como es frecuente en el caso de México (Calvo, 2005), por lo cual, es uno de los elementos subjetivos que debe considerar el administrador de riesgo sin confiar ciegamente en el análisis cuantitativo, especialmente, ante tipos de cambio fijos.

Pick (1990), por su parte, afirma también que el riesgo cambiario no siempre es significativo⁵, específicamente en el comercio entre países desarrollados. Pick realiza un estudio en el que analiza los efectos del riesgo de tipo de cambio en los flujos comerciales agrícolas de Estados Unidos aplicando un modelo que incorpora riesgo de tipo de cambio a diez países: Japón, Corea del Sur, Canadá, Australia, Alemania Occidental, Francia, Países Bajos, Reino Unido, Brasil y México. El estudio demuestra que el tipo de cambio no representa un riesgo significativo en los flujos comerciales hacia siete de los países (mercados desarrollados). Por el contrario, los resultados indican que el tipo de cambio afectó de manera adversa a las exportaciones agrícolas de los EE.UU. hacia los tres países en desarrollo utilizados en el análisis (Brasil, Corea del Sur y México). Descubrimientos

⁵ Es importante mencionar que el estudio considera el enfoque de Varianza-desviación estándar como una medida para el riesgo.

como este subrayan la importancia del riesgo cambiario en el comportamiento comercial de los países en desarrollo.

1.3.1.2.2. EL RIESGO DE CAMBIO EN LAS OPERACIONES EMPRESARIALES

El riesgo de cambio es un factor distorsionador en la gestión financiera de las empresas importadoras y exportadoras, dadas las características intrínsecas de operación de las mismas que las obliga a trabajar simultáneamente con saldos en distintas divisas, por lo que la única forma de eliminarlo o controlarlo es utilizando los distintos sistemas de cobertura existentes en el mercado. Arcidiácono (2004) menciona algunos casos en los que el riesgo de tipo de cambio aparece en las transacciones:

- *Exportaciones:* si los contratos se realizan en monedas extranjeras, una depreciación de dicha divisa acarreará pérdidas al vendedor.
- *Importaciones:* Cuando deben pagarse en moneda extranjera, práctica habitual en un país con una divisa débil, las pérdidas por dicho riesgo se producen por una apreciación de la moneda extranjera.
- *Préstamos al extranjero:* valuado en divisa extranjera, provocan que una depreciación de la moneda extranjera sea perjudicial para el prestamista al repatriar su dinero.
- *Inversiones directas en el extranjero:* sometidas al riesgo de cambio en varias formas, las empresas filiales tienen los balances denominados en moneda extranjera, cualquier variación de su tipo de cambio afectará al valor de la filial, y consecuentemente al del grupo empresarial a la hora de consolidar las cuentas.
- *Créditos en moneda extranjera:* el deudor perdería en caso de apreciarse la moneda en que está denominada la deuda.
- *Empréstitos sobre mercados internacionales de capitales:* el inversor perderá siempre que la divisa en lo que se ha emitido el empréstito se deprecie contra la suya.

Las empresas no financieras tienen tres posibilidades concretas de exposición a las variaciones en el tipo de cambio, lo que las conduce a permanecer en situación de riesgo cambiario:

- *Exposición por transacción:* Existe al tener una partida en el pasivo o en el activo denominada en divisas (afecta al Estado de Resultados).
- *Exposición por traslación:* Este tipo de riesgo nace por la necesidad de presentar estados financieros en una fecha determinada, originándose incrementos o disminuciones que se producen en las diferentes partidas del balance al variar las cotizaciones de las divisas (riesgo patrimonial se refleja en el Balance).
- *Exposición económica:* Depende de la estructura de los mercados, de quiénes son los competidores y en que países tienen sus instalaciones, de dónde y en que moneda se abastece de materias primas, y de cómo y de qué moneda están financiando, relacionándose con el grado en que el valor de la empresa está expuesto a cambios debido a fluctuaciones cambiarias (riesgo relacionado a la competitividad).

1.3.1.2.3. VOLATILIDAD DEL TIPO DE CAMBIO

Existen diferentes teorías que intentan explicar los movimientos en los tipos de cambio basándose en las razones para que se produzcan diferencias entre la oferta y la demanda de una moneda determinada. Estas diferencias pueden deberse a causas diversas entre las que podemos mencionar:

- *Comercio Internacional* de bienes, servicios y capitales.
- *Inversiones:* debido a la variación de la percepción de los inversores de los recursos financieros que colocan en el exterior (volumen y destino), ya sea en inversiones productivas como en inversiones financieras.

Existen teorías que explican las diferencias entre el valor de las monedas a corto plazo, según estas, las diferencias entre oferta y demanda de divisas se deben a:

- *Especulación:* Basada en la adquisición o venta de divisas con el objetivo de obtener un beneficio en el cambio de una moneda por otra.
- *Arbitraje:* Consiste en perseguir una ganancia segura adquiriendo una moneda en un mercado que se encuentra subvaluado e, instantáneamente, venderla en otro distinto por un precio superior, permitiendo de esta manera que todos los mercados tengan cotizaciones similares de las diversas divisas.

Otras teorías -que entran en el análisis fundamental- ofrecen una explicación de los movimientos de tipo de cambio a largo plazo:

- *La Paridad del Poder Adquisitivo y la Paridad Descubierta de Tasas de Interés:* por ley de un solo precio y arbitraje: El diferencial de precios significativo entre dos países se traduce en desequilibrios en el sector externo que llevan, finalmente, a un ajuste del tipo de cambio. La evidencia internacional indica que las hipótesis de paridad de poder de compra (PPP) y de paridad descubierta de tasas de interés (PDTI) tienen una validez relativa en el largo plazo (Galindo, 2007).

Al margen de las teorías estructurales que explican al tipo de cambio, es necesario mencionar, que existen herramientas empíricas para predecir movimientos de precios y futuras tendencias del mercado mediante el estudio de gráficos de comportamiento pasados del mercado que tienen en cuenta el precio del tipo de cambio, así como el volumen de operaciones en el mercado:

- *Análisis técnico:* puede definirse como el estudio del comportamiento de los mercados, principalmente a través del uso de gráficos, con el propósito de predecir futuras tendencias en los precios (Reuters, 2000).

1.3.1.2.4. INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE CAMBIO

Algunas herramientas útiles para la gestión de riesgo cambiario son:

- *Seguro de Cambio:* es un contrato de compra o venta de divisas a entregar en una fecha futura a un tipo de cambio predeterminado, no es un seguro en el sentido literal de la expresión.
- *Opciones y Futuros sobre divisas:* constituyen un mecanismo de cobertura que habilita, mediante el pago anticipado de una prima, al tomador de una opción comprar o vender una divisa en un plazo determinado y a un tipo de cambio prefijado.
- *Autoseguros:*
 - *Cláusulas de revisión de precios.*
 - *Acuerdos para compartir riesgos.*
 - *Apertura de cuentas en divisas.*

- *Anticipación o retraso de cobros y pagos.*
- *Autocobertura sistemática, emparejamiento de flujos*
- *Financiación en divisas:* Al exportar, las ventas se expresan en divisas y los costos se expresan en moneda local, por lo que no se podrá determinar el beneficio de las operaciones hasta que no se fije el tipo de cambio aplicable a la conversión de la moneda extranjera, sin embargo, la financiación en divisas para soportar estos costos puede ser un mecanismo idóneo de cobertura del riesgo (siempre considerando tipos de interés y gastos).
- *Factoring:* es la cesión de los derechos de cobro de los clientes de la empresa a un tercero (Factor), mediante un precio establecido según el contrato, asumiendo el tercero la gestión del cobro y los riesgos de la operación.
- *Forfaiting:* consiste en el descuento de documentos derivados de una exportación (pagarés, letras de cambio), recibiendo de forma anticipada el importe de la operación menos descuento sobre este nominal y menos gastos.
- *FXA. Forward Exchange Agreement:* Constituyen acuerdos sobre tipos de cambio futuros. Es un instrumento de cobertura flexible desarrollado expresamente para la gestión activa del riesgo de cambio y de interés con un mínimo riesgo de liquidación, implicando dos partes y dos divisas. Las dos partes acuerdan en la fecha del trato compensarse mutuamente en la fecha de valoración. La liquidación se realiza a través de un único pago en la segunda divisa, cuyo tipo de cambio se marca en la fecha de fijación, dos días antes de la fecha de valoración.

1.3.1.3. RIESGO DE INTERÉS

Siguiendo Vilariño (2001) en la lógica de definir los diferentes tipos de riesgo financiero, conceptualiza al riesgo de interés como la pérdida que puede producirse por un movimiento adverso en los tipos de interés, el cual se materializa en pérdidas de valor de mercado de activos financieros sensibles al tipo de interés, como los títulos de renta fija (pública y privada), y en general, todos aquellos activos cuyo precio cuyo precio sea sensible a los movimientos de los tipos de interés.

Según Arcidiácono (2004), la sensibilidad al tipo de interés puede definirse como la repercusión potencial de los movimientos de los tipos de interés en el margen financiero debido a la estructura de renegociación de los precios de los activos y pasivos. Este riesgo financiero acontece principalmente cuando se tiene dinero prestado para financiar las operaciones de un negocio. El riesgo lo provoca la incertidumbre acerca de las futuras tasas de interés, acerca de la futura disponibilidad de capital de terceros para invertir en el negocio y apalancar el rendimiento financiero, acerca de los cambios en el mercado crediticio y, finalmente, acerca de la posibilidad de la gestión de generar los flujos de caja necesarios para afrontar la devolución del capital e intereses, sin embargo, al ser la tasa de interés el único dato independiente a la planeación de la empresa, será este el elemento de riesgo que se considere para la investigación.

1.3.1.3.1. EL RIESGO DE INTERÉS EN LAS OPERACIONES EMPRESARIALES

La identificación del riesgo de variaciones de la tasa de interés es muy sencilla. Mansell (1992) presenta algunos ejemplos para ello: si un banco o una empresa cuenta con adeudos a tasa flotante, se exponen al riesgo de mayores tasas de interés; de igual manera, el administrador de un portafolio que planea vender, se arriesga a un futuro aumento en los rendimientos por un alza en la tasa de interés. Por otra parte, quien presta a interés flotante, se arriesga a tasas de interés menores a las previstas.

La elección de una financiación con tipo de interés fijo o variable dependerá de si los directores financieros intuyen o no una baja en el tipo de interés a corto o mediando plazo, de la calificación financiera de cada empresa que quizás le permite obtener mejores condiciones en el mercado de tipo variable que en el fijo y de la obtención de posibles bonificaciones o desgravámenes fiscales, todos posibles fundamentos de la elección de un tipo u otro de interés.

Una forma de medir el riesgo al tipo de interés, es a través de la brecha de fondos, que consiste en cuantificar la diferencia entre activos y pasivos sensibles a las variaciones de los tipos de interés en un período determinado de tiempo, diferenciando entre recursos e inversiones sensibles (aquellos que generen flujos de fondo que varíen en la misma dirección que los tipos de interés de mercado a corto plazo), y los activos y pasivos

insensibles -los contratados a tipo fijo o bien no susceptibles a variaciones en el período de referencia- (Arcidiácono, 2004).

1.3.1.3.2. INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE INTERÉS

Algunas herramientas para la gestión de riesgo de tipo de interés son:

- *Contrato de CAP:* Una entidad financiera (Banco) ofrece a la empresa exportadora un contrato mediante el cual se fija el tipo de interés máximo (un tope), para las operaciones de endeudamiento, con un período de vigencia determinado.
- *Contrato de FLOOR:* Con este instrumento lo que se trata de cubrir es el riesgo ante una baja en los tipos de interés, es decir, se trata de una figura simétrica a la anterior, garantizándose un rendimiento mínimo a las inversiones mediante el pago de una prima a una entidad bancaria o financiera que se hará cargo de las diferencias entre el tipo mínimo garantizado y el de mercado en caso de ser menor al negociado.
- *Contrato de COLLAR:* es una combinación de los dos anteriores, implicando un seguro contra la alza de tipos de interés, pero limitando la oportunidad en caso de una baja de los mismos. La prima de un collar es igual a la diferencia entre las primas *FLOOR* y *CAP*.
- *Contrato de CORRIDOR:* en este caso se combinan dos instrumentos iguales (dos *CAPS*), pero a distintos niveles de interés, es decir que se compra un *CAP* a un tipo de interés y al mismo tiempo se vende otro con un tipo más elevado, se usa para reducir el costo de la cobertura y cuando se estima que los tipos de interés ascenderán pero a no más de un nivel determinado.
- *Futuros y opciones:* constituyen un mecanismo de cobertura que habilita, mediante el pago anticipado de una prima, al tomador de una opción comprar o vender obligaciones en un plazo determinado y a una tasa de interés prefijada.

2. El Análisis de Riesgo

El análisis de riesgos consiste en la estimación de los riesgos implícitos en una actividad. Toda decisión implica cierto grado de incertidumbre o de riesgo. Los dos elementos

esenciales son la identificación de los posibles riesgos y la evaluación de éstos. La identificación depende, en gran medida, de la información disponible; la evaluación, de una combinación de las matemáticas con la valoración subjetiva del analista, pues éste debe ponderar la probabilidad de ocurrencia de los riesgos. La evaluación consiste en valorar con precisión el riesgo real o la posibilidad de que se produzca un resultado previsto. A la hora de medir los riesgos es importante determinar el grado de control (si se verifica) que se ejerce sobre dichos riesgos.

La calidad de la información que posee una empresa puede aumentar si se dedican fondos a la investigación. El dinero invertido en mejorar la información aumenta los costos de la actividad que se quiere emprender. Por lo tanto, también habrá que valorar hasta qué punto merece la pena invertir cantidades adicionales para mejorar la información disponible.

Cabe mencionar que el análisis de riesgos no es un proceso estático. Las conclusiones deben revisarse cuando se obtiene información adicional o cuando las circunstancias varían. El análisis de riesgos es principalmente, un cálculo de probabilidades de ocurrencia de sucesos de valoración diversa. Las opciones más rentables son siempre las más arriesgadas, por ello la decisión final dependerá de la aversión al riesgo del directivo o agente decisivo. Si es alta, elegirá la opción que implique las menores pérdidas posibles.

2.1. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

La información disponible sobre el futuro jamás es completa, por tanto, lo usual es que se produzcan contingencias. Toda transacción implica cierto grado de incertidumbre y riesgo: cuanto mayor el volumen de operaciones tanto mayor el riesgo que habrá que asumir. Es por eso que se requieren mecanismos que protejan a los agentes que participan de los riesgos producto del intercambio.

La identificación del riesgo es un intento sistemático para encontrar las amenazas que desvían los resultados reales con respecto de lo proyectado. Identificando los riesgos conocidos y predecibles, el gestor de riesgo da un paso adelante para evitarlos cuando sea posible y controlarlos cuando sea necesario.

Al identificar los riesgos financieros que se presentan en las comercializadoras agrícolas, sobresalen tres riesgos: el riesgo de precio, riesgo cambiario y el riesgo de interés.

El primero como producto de la volatilidad de los precios, característica de los mercados agrícolas, el segundo por la volatilidad del tipo de cambio y sus efectos en las operaciones de importación y exportación y el tercero derivado de la volatilidad en las tasas de interés a las que están sujetas las empresas comercializadoras.

2.2. MEDICIÓN DE RIESGOS

Los riesgos están presentes en todas partes y en cualquier aspecto de la vida. Pero estudiarlo sistemáticamente, es difícil para cualquiera, incluso para los investigadores. Una razón de dicha dificultad puede ser la confusión y diferencias de opinión sobre qué es el riesgo y cómo puede medirse. A pesar de que el análisis de riesgo se ha vuelto muy popular en los últimos años, aún existen diferencias en la manera que se aplica la teoría y los métodos de análisis de decisión para evitar la que la complejidad que implica el análisis de riesgo lleve a las investigaciones al error.

2.2.1. FORMAS DE MEDICIÓN DE RIESGOS

La primera parte del análisis de riesgos, es la identificación, en la cual, se conoce cuáles son los factores subyacentes que influyen sobre el valor de mercado de los activos, y se establecen las relaciones teóricas que permiten una posterior medición.

La medición se apoya en la etapa anterior de identificación y expresa la fase cuantitativa, intensiva en la utilización de modelos, donde las técnicas estadísticas, econométricas y de optimización se convierten en las herramientas imprescindibles de trabajo.

La gestión de riesgos, que es la etapa final, incluye las etapas anteriores, así como la fase de control, y más específicamente se concreta en la toma de decisiones para conseguir la optimización de la “función objetivo” que corresponde a la línea estratégica en términos de rentabilidad ajustada al riesgo.

El objetivo de la medición de riesgos, es pues, proporcionar una estimación razonablemente precisa del riesgo de mercado, para lo que se han desarrollado diferentes metodologías para el cálculo del Valor en Riesgo, que es una de las metodologías más

utilizadas para la medición de riesgo y de las cuales se tratará en las siguientes páginas. Manfredo y Leuthold (2001) describen cómo estos métodos varían con respecto a la exactitud, la facilidad de aplicación y el tiempo que requiere cada uno de estos: el primero de los tres métodos paramétricos es el método conocido como de varianza y covarianza. Los otros dos métodos son los procedimientos llamados de simulación histórica y simulación Monte Carlo.

De acuerdo con Hardaker (2000), la medición del riesgo, dependerá del concepto que se tenga de este:

- 1) *La posibilidad de un mal resultado* implica la probabilidad de que se de algún resultado definido y poco satisfactorio. Para simplificar, puede asumirse que hay una sola medida de resultado, X y que siempre se prefiere más a menos. Esta definición de riesgo podría representarse por la probabilidad $P^* = P(X \leq X^*)$, dónde P es la probabilidad, X es el resultado incierto, y X^* es el mínimo resultado aceptable debajo del cual los resultados se consideran “malos”. En algunos casos, el valor de X^* podría reflejar algún nivel de desastre como la inanición o quiebra, pero en la mayoría de los casos puede ser una noción menos clara, de manera que para la aplicación de esta forma de medición de riesgo se requiere la especificación de los parámetros P^* y X^* .
- 2) *El riesgo como la variabilidad* puede medirse por algún estadístico de dispersión de la distribución de resultados, como la desviación estándar de X , $V = V[X]^6$ o SD^7 igual a la raíz cuadrada positiva de V . Obviamente, un estadístico solo habla sobre la situación de la distribución de resultados en el eje de X . De manera que es común para aquéllos que piensan en riesgo como la dispersión de resultados, usar V o SD con la media o el valor esperado $E = E[X]$. De ser así, la variación puede describirse como el riesgo alrededor de la media especificada. Sobre esta noción, algunos autores, como Newbery y Stiglitz (1981), han encontrado conveniente reflejar el riesgo que usa el coeficiente de variación de X , $CV = SD/E$.
- 3) Finalmente, adoptar la definición del *riesgo como la distribución de resultados* requiere que toda la distribución de X sea especificada. La especificación completa

⁶ V = Varianza

⁷ SD = desviación estándar.

requiere la función de densidad de la probabilidad $f(X)$, o equivalente y a menudo más convenientemente, la función de distribución acumulativa $F(X)$. Sin embargo, la estadística sumaria incluyendo momentos es comúnmente usada para describir la distribución de la probabilidad, implicando cierta similitud con las mediciones basadas en la definición de riesgo como dispersión. Para algunos casos especiales, como la normal, la distribución de resultados es totalmente definida por solo la media y la varianza. Otras distribuciones se pueden aproximar en términos de estos primeros dos momentos, aunque los momentos de más alto orden pueden ser necesarios para decir más sobre la forma de la distribución. Para alguna distribución arbitraria, sin embargo, la descripción por momentos será una adecuación aproximada, lo cual, según Hardaker, no se juzga fácilmente.

Cabe mencionar que la definición de riesgo que se adoptará para el presente trabajo, será el riesgo como la posibilidad de un resultado no preferido, lo que implicará una forma de medición muy similar a la que se refiere Hardaker (2000) en el primer punto: considerando que la empresa ha fijado un precio de equilibrio de la variable riesgosa (P^*), un precio pronosticado (\hat{P}) y una desviación estándar pronosticada ($\hat{\sigma}$), se obtendrá la probabilidad de que el precio real (P) a futuro sea menor a P^* debajo del cual los resultados se consideran malos o no deseados.

Finalmente, el diseño de sistemas eficientes para la identificación, medición, gestión y control de riesgos sigue siendo un tema abierto, donde todavía caben amplias mejoras y donde, en el caso de las empresas y los organismos reguladores, existe recorrido para amplias tareas de investigación (Vilariño, 2001).

2.2.2. MEDICIÓN DE ALTERNATIVAS RIESGOSAS

Según Hardaker (2000), ninguna de las medidas estadísticas convencionales de una distribución puede proporcionar una descripción completa del riesgo, debido a que la medición de riesgo requiere probabilidades y preferencias para los resultados. La posibilidad de resultados malos contra buenos se puede evaluar y comparar solamente sabiendo las preferencias relativas de quien ha de tomar las decisiones con respecto a tales resultados.

Según la hipótesis de Utilidad Subjetiva Esperada (Anderson, Dillon y Hardaker, 1977), la función de utilidad de resultados del tomador de decisiones es necesaria para determinar la probabilidad de riesgo. La hipótesis de Utilidad Subjetiva Esperada establece que la utilidad o el índice de preferencia relativa de una probabilidad de riesgo es la utilidad prevista, significando el promedio ponderado de las utilidades de resultados. Este índice se calcula usando las probabilidades subjetivas del tomador de decisiones para los resultados como pesos y usando la función de utilidad para codificar las preferencias por resultados. Enfrentado con una elección entre posibilidades de alternativas riesgosas, la hipótesis es que la posibilidad con la utilidad esperada más alta será la preferida por el tomador de decisiones.

3. VaR (Valor en Riesgo)

3.1. EL CONCEPTO DE VAR

El concepto de Valor en Riesgo o VaR (por sus siglas en inglés *Value at Risk*) tuvo origen a finales de 1980, cuando las principales empresas financieras comenzaron a utilizar este método para medir los riesgos asociados con la compra venta de sus carteras. Desde entonces, el VaR ha experimentado un significativo crecimiento en los sectores financiero y energético (Hawes, 2003).

Planet Finance (2004) define al VaR como un método para cuantificar la exposición al riesgo de mercado por medio de técnicas estadísticas. El VaR no otorga certidumbre con respecto a las pérdidas que se podrían sufrir en una inversión, sino una expectativa de resultados basada en estadística (series de datos en el tiempo).

Vilariño define al concepto de VaR como la estimación de la pérdida máxima que puede tener la posición de una cartera, con un determinado horizonte temporal y un determinado nivel de confianza. Al decir “nivel de confianza” implícitamente, se supone que las pérdidas de la cartera pueden modelizarse mediante la metodología estadística. El punto de partida para llegar al VaR es la llamada “posición de la cartera”: es decir, el valor de precios de mercado. Bajo la hipótesis de que los precios siguen algún tipo de ley aleatoria, el precio de mercado de la carretera en una fecha futura es también una variable

aleatoria. Bajo esta hipótesis, es posible estimar el precio de mercado de la cartera que determina la pérdida máxima a un nivel de confianza determinado.

El horizonte temporal elegido suele estar comprendido entre un día y un mes. La longitud del horizonte temporal afecta a los modelos que se utilizan, ya sea en la elección de la especificación del modelo, o bien en el valor numérico de determinados parámetros. Un modelo muy utilizado para las rentabilidades de los precios de las acciones y los tipos de cambio es una distribución normal con media nula. Esta última condición es razonable para horizontes cortos, pero en general, se rechazaría para un horizonte de mediano y largo plazo.

El nivel de confianza es discrecional; en la práctica se utilizan los niveles 95, 99 y 99.9 por ciento con más frecuencia que otros. Si el nivel de confianza elegido es el 99%, la probabilidad de que la caída del precio supere el nivel obtenido es de 1%. Esto quiere decir que “en promedio” esperamos que de 100 veces, exista una caída mayor al límite calculado. La discrepancia que existe entre las frecuencias calculadas por el modelo de riesgo para la realización de ciertos valores extremos y las frecuencias observadas posteriormente, es la fuente de un nuevo tipo de riesgo: el riesgo del modelo. Con un determinado nivel de confianza, el VaR puede tener un sesgo en un sentido, y con otro nivel de confianza, el sesgo puede tener el sentido contrario. La precisión de los resultados no es indiferente al nivel de confianza elegido. Debemos tener en cuenta que para la estimación del riesgo es muy importante la forma de las colas de la distribución de probabilidad que, suponemos, rige el comportamiento de los cambios aleatorios de los precios.

El VaR focaliza su atención en la función de pérdidas y ganancias de la cartera. Este concepto se puede plantear en términos absolutos o en términos relativos. En el primer caso, se mide la pérdida o ganancia a partir de un valor inicial; por ejemplo, el valor de cierre del día anterior. En el segundo caso, se mide la pérdida respecto a una variable; por ejemplo, respecto al comportamiento de un índice de mercado.

Para calcular el valor en riesgo, existen varios métodos, entre ellos: simulación histórica, simulación Montecarlo, VaR normal, VaR de cartera de activos, matriz de correlaciones, *RiskMetrics*, entre otros.

Hawes (2003), por ejemplo, utiliza la metodología VaR para determinar riesgos de precios en el sector agrícola, Hardaker (2000) por su parte, trata en sus investigaciones el

riesgo en agricultura, centrándose específicamente en los problemas de riesgo de precio para empresas agrícolas.

3.2. EL VAR VS VARIANZA

En 1952 Harry Markovitz propuso usar la variabilidad de los rendimientos de los activos financieros como medida de riesgo. Así, la varianza de los rendimientos de los activos se mantuvo como la medida de riesgo universalmente aceptada hasta finales de la década de los ochentas y principio de los noventas, cuando finalmente se hizo evidente que esta es mas bien una medida de incertidumbre que de riesgo. Coincidente con las grandes crisis financieras ocurridas precisamente en este periodo, se vio la necesidad de que la medida de riesgo, tenía que expresarse en términos de pérdidas potenciales, con una cierta probabilidad de ocurrencia (BANXICO, 2005).

Muchos investigadores han realizado estudios sobre riesgo y cobertura en el sector agrícola considerando a la varianza como medida de éste, sin embargo, para Cullen Hawes (2003) la gestión de riesgos agrícolas debe realizarse utilizando el VaR en lugar de la varianza respecto de la media como medida de riesgo de precio. Esto debido a que el método de Valor en Riesgo ofrece la ventaja de que es capaz de separar el potencial de grandes beneficios contra el riesgo de grandes pérdidas, distinción que la simple varianza no es capaz de hacer, pues agrupa a todas las desviaciones de la utilidad esperada -positivas o negativas- como riesgo.

El análisis de varianza tiene muchas cualidades deseables y es valioso para la selección y optimización de la cartera; sin embargo, presenta tres desventajas que han alentado a los investigadores y profesionales a buscar otros métodos de medición y gestión del riesgo de los precios:

- La primera es que el riesgo se expresa en términos de desviaciones estándar de la rentabilidad prevista. Si bien esto puede ser suficiente para las “mentes estadísticas”, los directores y gerentes adoptan decisiones pensando en términos monetarios y no desviaciones estándar.
- La segunda es que la varianza considera toda desviación de la media como riesgo, agrupando el potencial de grandes beneficios con la posibilidad de grandes pérdidas.

Esta práctica está en contraste con la de los administradores y los encargados de adoptar decisiones pues el concepto de riesgo, se refiere a una potencial pérdida.

- La tercera deficiencia que significa el análisis de la varianza es que asume que los resultados por encima y por debajo del rendimiento esperado son igualmente probables.

De acuerdo con el Banco de México (2005), actualmente, la medida de riesgo más aceptada es la de “Valor en Riesgo”, ya que el VaR intenta dar una idea sobre la pérdida en que se puede incurrir en un cierto periodo de tiempo. De manera más formal, el VaR es un nivel de pérdidas, tal que la probabilidad “ α ” de que la pérdida exceda esta cantidad en un periodo de tiempo dado, corresponde a un cierto nivel de confianza escogido por el analista. Así, el analista fija el nivel de confianza con el que desea trabajar, así como el periodo de tiempo en el que puede ocurrir la pérdida de los activos financieros a los que se quiera medir su riesgo. A partir de estos dos parámetros, el VaR corresponde al cuantil asociado al nivel de confianza fijado, de la distribución de probabilidades de pérdidas y ganancias que puede tener el conjunto de activos, en un horizonte de tiempo dado, dadas las condiciones de incertidumbre que prevalecen en ese momento en el mercado.

3.3. METODOLOGÍAS DE VAR

Existen tres metodologías principales para el cálculo del VaR: El enfoque paramétrico, cuyo cálculo requiere poco tiempo, supone una distribución normal, se puede calcular analíticamente y es también considerado en cierta medida restrictivo. La simulación histórica es un método intuitivo, donde la cartera real se expone ante las fluctuaciones de precios observada durante un período de tiempo histórico, no obstante, subestima los movimientos de los precios. La tercera metodología es la simulación Monte Carlo, metodología que utiliza un generador de números aleatorios que muestra la evolución de los precios representando a cada uno de los posibles riesgos. Cabe mencionar que estos métodos no son los únicos, sino los más utilizados para el cálculo del VaR; a continuación se expone cada uno de los métodos con las definiciones propuestas por la ONG Planet Finance México (2004), avalada por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

3.3.1. MÉTODOS NO PARAMÉTRICOS

3.3.1.1. SIMULACIÓN HISTÓRICA

Consiste en generar escenarios de los factores de riesgo (tipo de cambio, precios, tasas de interés) a partir de la información observada en un determinado periodo de tiempo. Entendiendo como factor de riesgo a la variable económica o financiera cuyos movimientos pueden generar cambios en los rendimientos o en el valor de los activos, pasivos o patrimonio de la institución:

- Ventaja: El método es fácil de instrumentar y muy intuitivo, lo que facilita su explicación a la alta gerencia.
- Desventaja: Concentración de observaciones en el centro de la distribución.

3.3.1.2. SIMULACIÓN “MONTECARLO”

Consiste en la generación de números aleatorios para calcular el valor de los portafolios generando escenarios. Un nuevo número aleatorio sirve para generar un nuevo valor del portafolio con igual probabilidad de ocurrencia que los demás y determinar la pérdida o ganancia en el mismo.

Este proceso se repite un gran número de veces (4,000 escenarios) y los resultados se ordenan de tal forma que pueda determinarse un nivel de confianza específico.

Éste método presenta la ventaja de tener relativamente mayor nivel de exactitud que la de los otros modelos, pero presenta la desventaja de implicar altos costos en términos de tiempo y recursos computacionales.

3.3.2. VAR PARAMÉTRICO

El método paramétrico más utilizado es el método de Varianza-Covarianza, el cual supone una distribución normal de los retornos de los de los activos. Las ventajas de éste modelo es que se basa en la teoría del portafolio y a través de la media y la varianza del portafolio se determina el VaR, su cálculo es sencillo, fácil de analizar y eficiente en terminos monetarios y de tiempo, aunque se considera restrictivo en el sentido de que asume una

distribución normal y puede llegar a subestimar el VaR en casos de otras distribuciones. En el punto 3.4 se explicarán detalladamente los pasos a seguir en esta metodología.

3.4. LA METODOLOGÍA DE VAR *RISKMETRICS*

Los sistemas de medición de riesgos se presentan como una alternativa empírica para intentar enfrentar los problemas de volatilidad⁸ de los precios (Ludlow 1997). El análisis de riesgo se basa en dos variables determinantes: el precio presente y la volatilidad del mismo, con lo que se intenta determinar cuánto y cómo se mueven las variables que determinan el valor de la producción agrícola.

Según Ludlow (1997), los sistemas de medición de riesgos se presentan como una alternativa empírica para intentar enfrentar los problemas de volatilidad de los precios. El análisis de riesgo se basa en dos variables determinantes: el precio presente y la volatilidad del mismo, con lo que se intenta determinar cuánto y cómo se mueven las variables que determinan el valor de la producción agrícola.

*Riskmetrics*⁹, la técnica de Valor en Riesgo (VaR), iniciada por la casa J.P. Morgan (1995) consiste en realizar una estimación de la pérdida máxima que puede tener la posición de una cartera, en un determinado tiempo, dado un nivel de confianza. VaR es la forma actual de administrar un riesgo bien medido, no en el sentido de eliminarlo ya que es parte de la dinámica del mercado, sino de tener claro el riesgo en que se incurre.

Dentro de la metodología VaR, la variable que se considera, es el cambio de valor en una posición financiera a lo largo de un periodo (día, semana, mes, etc.). Dado que la distribución de probabilidad se modifica con el tiempo, es necesario modelar la futura probabilidad de ocurrencia de sus valores extremos. La pregunta que mejor define el concepto de análisis de riesgo de *Riskmetrics* es: con una probabilidad de 95%, ¿cuál es la pérdida máxima que puede ocurrir durante un periodo determinado (día, semana o mes), en una determinada posición financiera?

En la metodología *Riskmetrics* se utiliza la distribución normal, aunque hay trabajos que utilizan un área mayor, esto se debe a que la variable aleatoria a ser medida, el riesgo

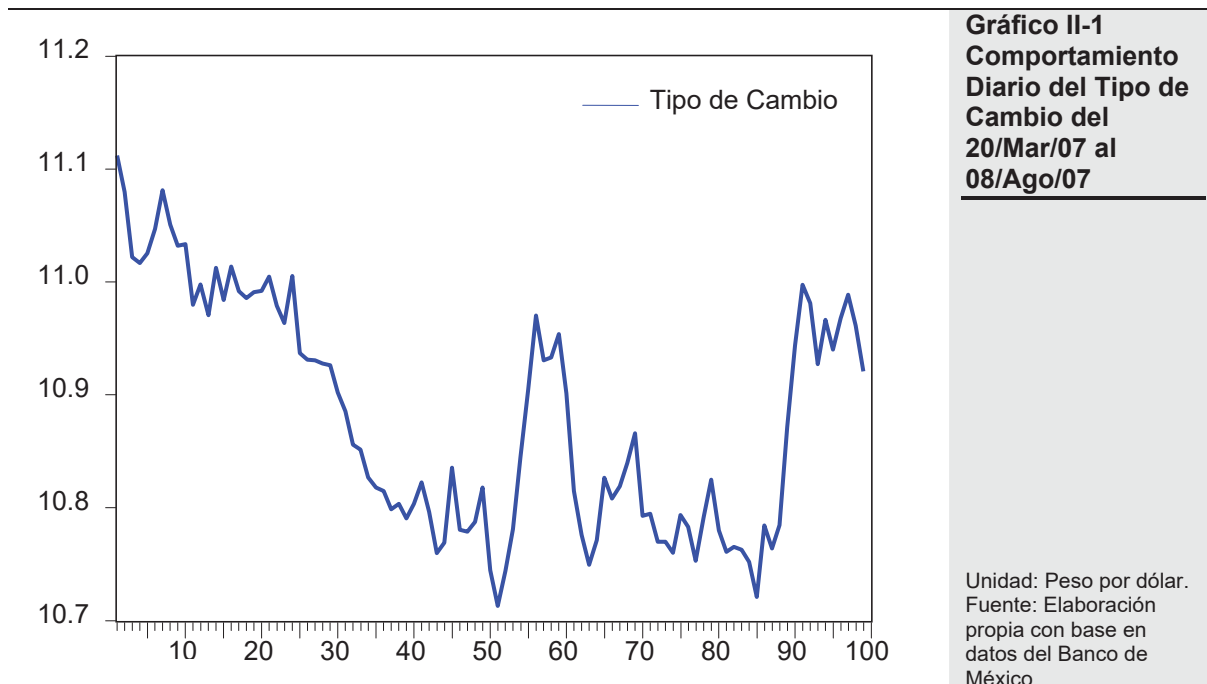
⁸ Entendiendo por volatilidad a la inestabilidad de los precios en los mercados.

⁹ Metodología considerada como método paramétrico de varianza-covarianza.

de los activos financieros se le observa frecuentemente tomando valores extremos, superiores a los que puede predecir la distribución normal.

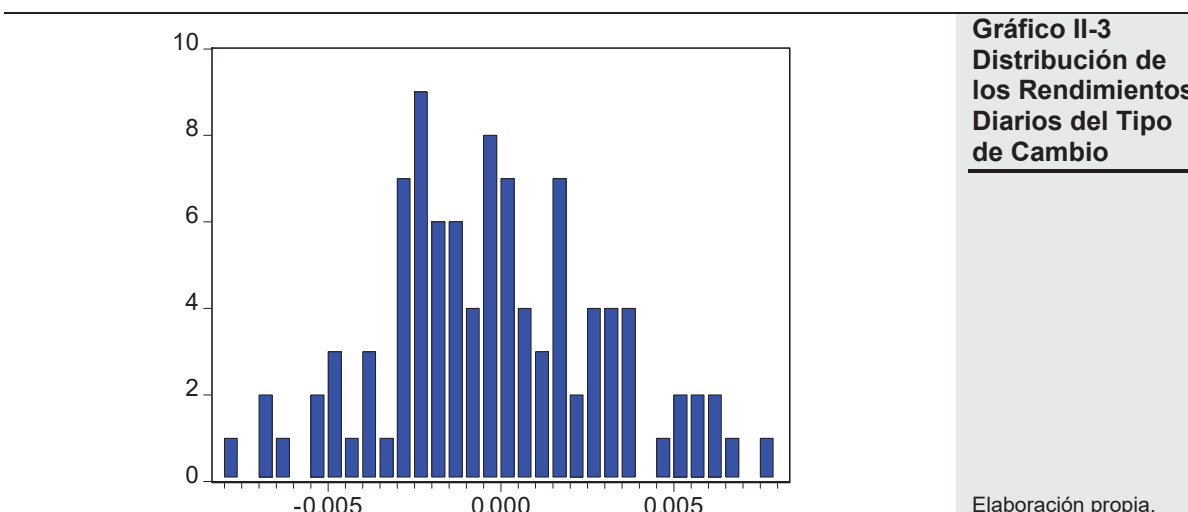
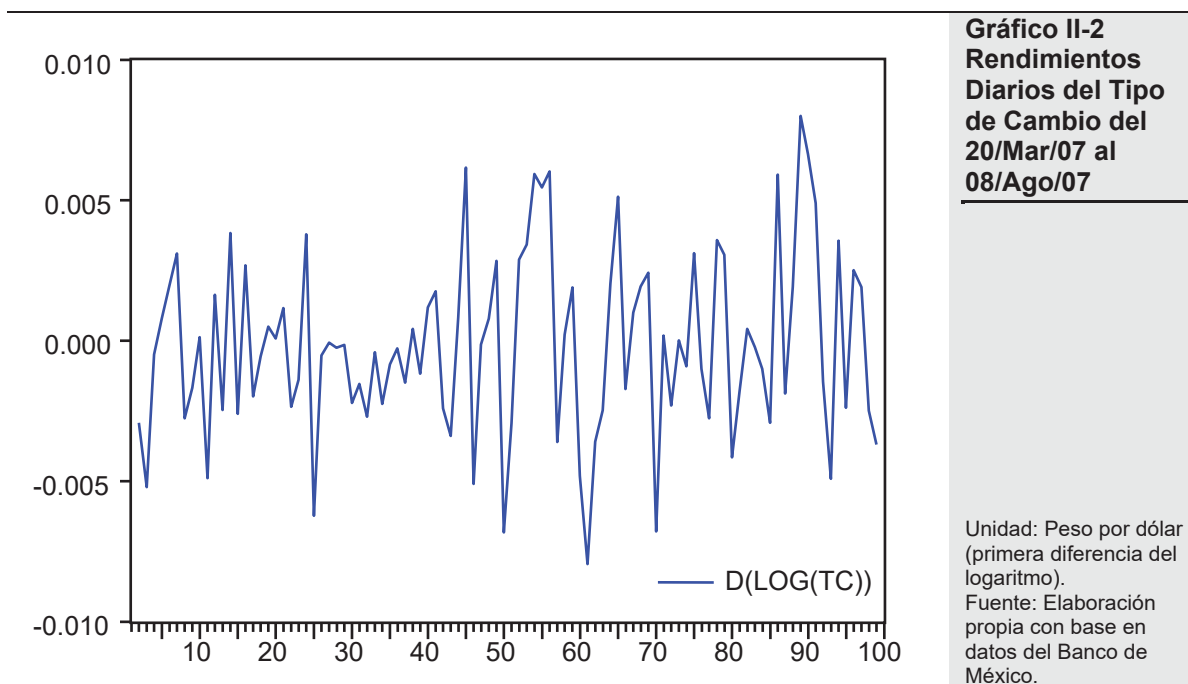
Para dar un ejemplo de la metodología VaR, considérese el ejemplo en donde deseamos medir la pérdida máxima de un millón de pesos, durante los próximos 15 días, debido a una devaluación inesperada, a un 95% de significación; es decir, se medirá la probabilidad de que, de cada 100 veces que ocurra una inversión de un monto de un millón de pesos, en 95 de ellas se tenga una pérdida máxima anticipada.

A manera de ejemplo y para fines solamente ilustrativos se aplica la técnica *Riskmetrics* para estudiar el comportamiento del tipo de cambio peso/dólar. Para ello se consideran los datos históricos de la variable Tipo de Cambio Fix, publicado por Banxico, que es el precio oficial para solventar deudas en moneda extranjera. El gráfico II-1 presenta el comportamiento diario del tipo de cambio, donde puede observarse una tendencia a la baja desde el comienzo del periodo hasta la mitad aproximadamente, dando posteriormente un salto significativo para después mantenerse relativamente estable alrededor de 10.8 pesos hasta el día 90 que parece el comienzo de una tendencia a la alza.



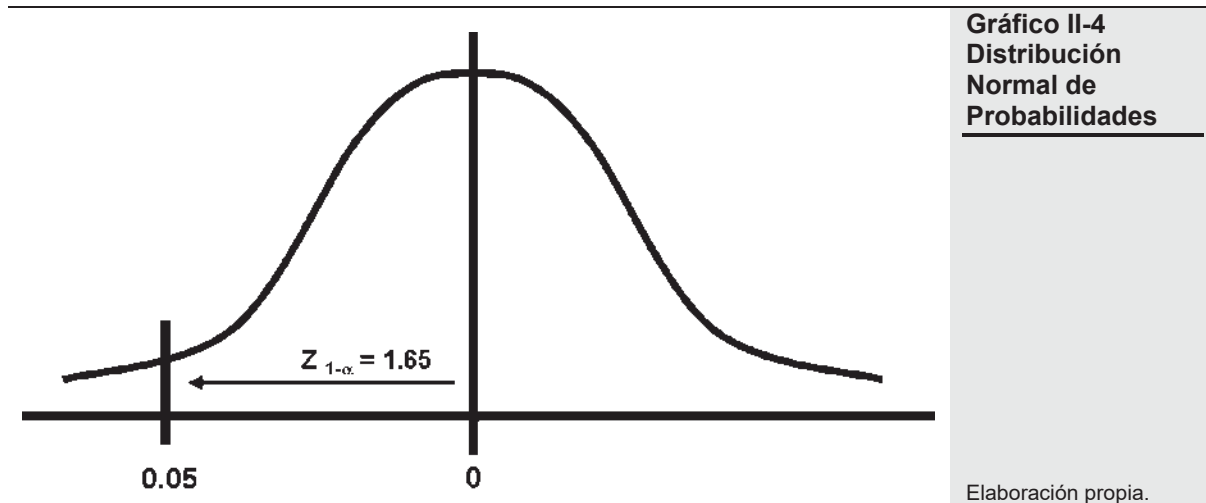
En el gráfico II-2 se puede observar el comportamiento de los rendimientos, medidos como el cambio porcentual del tipo de cambio en el periodo de estudio, a partir de

los cuales se obtiene la desviación estándar no condicional, que en este caso es igual a 0.003241. Si se proyectan estos datos, contra el eje vertical y se acomodan en un histograma, se obtendrán muchas frecuencias al centro y pocas a las orillas (gráfico II-3).



Si construimos la ley de probabilidades que se revela por medio de los datos, la prueba de densidad (o sea a partir del histograma, se calcula la función de probabilidad), la cual nos muestra una pequeño corte a la izquierda, que significa una cierta probabilidad

(0.05) a que la variable rendimiento se aloje bajo ese pequeño tramo, lo cual también nos dice que *Riskmetrics* es una aproximación puesto que este método supone la distribución normal (Gráfico II-4).



Para un VaR al 95% nivel de confianza (aquí se usa la cifra 1.65 de tablas de la normal estándar), dentro de los siguientes k días, siendo SD la desviación estándar obtenida, con los últimos 100 datos, por lo que podremos usar $SD = 0.003241$ obtenido anteriormente; *Riskmetrics* genera la relación:

$$VaR = \text{Monto de la posición} \times 1.65 \times SD$$

Suponiendo una inversión de \$1'000,000.00, se obtiene:

$$VaR = \$1,000,000.00 \times 1.65 \times 0.00271 = \$5,438.98$$

Es decir, la máxima pérdida es de \$5,438.98 pesos por cada millón en un día cualquiera un nivel de confianza del 95%.

Riskmetrics avanza usando la idea de que la distribución de rendimientos evoluciona con el paso del tiempo bajo una regla, el rendimiento, dada la información al tiempo t , sigue la ley de probabilidades de la distribución normal, generando finalmente la fórmula fundamental para calcular la máxima pérdida al día siguiente de manera anticipada y considerando $(1-\alpha)\%$ nivel de confianza:

$$VaR = I \times Z_{1-\alpha} \times SD \quad (1)$$

En el monto de la posición (I) se indica la cifra que se desea evaluar, para k días se sigue la regla:

$$VaR_{(k \text{ días})} = \sqrt{k} \times VaR \quad (2)$$

En ésta última fórmula se aplica la regla conocida como “raíz cuadrada del tiempo”, bajo *Riskmetrics*. Con ésta fórmula, es posible hacer una tabla que muestre los resultados que se pueden obtener con esta metodología.

Por ejemplo, considérese:

- Un monto de un millón de pesos.
- Un 95% como nivel de confianza (así $Z_{1-\alpha} = 1.65$).

Con esto uno mide el costo de oportunidad que puede resultar de tener una posición de un millón de pesos, durante k días.

$$VaR_k = I \times Z_{1-\alpha} \times \sqrt{k} \times SD$$

$$VaR_1 = 1,000,000 \times 1.65 \times \sqrt{1} \times 0.003241 = 5,438.98$$

$$VaR_7 = 1,000,000 \times 1.65 \times \sqrt{7} \times 0.003241 = 14,152.06$$

$$VaR_{15} = 1,000,000 \times 1.65 \times \sqrt{15} \times 0.003241 = 20,716.49$$

$$VaR_{30} = 1,000,000 \times 1.65 \times \sqrt{30} \times 0.003241 = 29,297.55$$

Puede observarse que, al 99% de nivel de confianza, se toma de las tablas estadísticas $Z_{1-\alpha} = 2.33$, por lo que el VaR resulta mas elevado.

Se puede usar como aproximación ruda. Para un VaR al 95% nivel de confianza (aquí se usa la cifra 1.65), dentro de los siguientes k días, siendo SD la desviación estándar obtenida con datos del último mes, por lo que se puede utilizar una simple calculadora y obtener la respuesta.

Con esto se observa la simplicidad que tiene *Riskmetrics*, un valor de *SD* creciente lo convierte en una medición de pérdida en pesos que se amplía, lo que sin duda ha influido en su amplia aceptación.

3.5. EL VaR EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Valor en Riesgo es una metodología relativamente nueva utilizada para cuantificar la exposición a los riesgos que, a pesar de ser ampliamente utilizada en los sectores financiero y energético, aún tiene que ganar aceptación en el sector agrícola. Estos usuarios aplican el VaR para la gestión interna del riesgo y la emplean como herramienta de información de riesgo ante reguladores gubernamentales. El sector agrícola, sin embargo, ha quedado a la zaga de estos sectores en la adopción de esta relativamente nueva metodología de medición de riesgo, ya que, sólo algunos de los grandes conglomerados agrícolas usan el VaR en su gestión de riesgos (Hawes, 2003).

Manfredo y Leuthold (2001) argumentan que existen varios sectores agrícolas en los que el Valor en Riesgo podría haber proporcionado beneficios sustanciales. Si los productores y administradores en las empresas agrícolas utilizaran el VaR con fines de cobertura, podrían evitarse incluso algunas crisis. Los bancos y prestamistas pudieron haber utilizado el VaR en la evaluación de crédito, para determinar la magnitud de los riesgos de precios a los que estaban expuestos indirectamente a través de sus prestatarios.

De acuerdo con Hawes (2003), las empresas agrícolas pueden ganar mucho con el uso de VaR, los posibles beneficios en medianas y grandes empresas agrícolas, con la aplicación del VaR, son prometedores, pues daría lugar a dos ventajas:

- VaR expresa el riesgo como un solo dato, lo que hace más fácil la toma de decisiones, un resumen estadístico que es más fácil de entender que la salida de otras metodologías de medición de riesgos.
- Valor en Riesgo es también capaz de separar el potencial de grandes beneficios contra el riesgo de grandes pérdidas.

El estudio y la aplicación de Valor en Riesgo ya ha recibido considerable atención en la literatura financiera, así como su aplicación, sin embargo, en la literatura de la economía agrícola es reciente y muy limitado (Hawes, 2003).

3.6. LAS LIMITACIONES DEL VaR

Aunque la medida del VaR tiene una aceptación considerable en el ámbito de las finanzas, tiene también algunas limitaciones. La principal limitación, es que el resultado obtenido depende estrechamente de la información que se utilizó para calibrar los modelos, así como de la historia considerada en el ejercicio. Así, se considera que el VaR es una buena forma de medir el riesgo de pérdidas bajo condiciones “normales” de comportamiento de los mercados, pero puede llegar a fallar en condiciones de crisis (BANXICO, 2005).

Por supuesto, no se pretende mejorar la técnica del VaR con la finalidad de evitar que falle en condiciones de crisis, ya que sería imposible predecir con las técnicas de VaR existentes una situación no prevista en la historia de los valores de los activos. El Banco de México (2005) menciona algunas razones por las que esto sucede:

- En el caso del riesgo medido por simulación histórica, al depender el resultado de los datos observados en el ejercicio, el cálculo del VaR se encuentra restringido completamente a los valores mínimos observados, lo cual hace impredecible una situación de crisis.
- Si el valor en riesgo es medido por el método de simulación Montecarlo, se requieren supuestos sobre las distribuciones de probabilidad que caracterizan el comportamiento de los factores de riesgo, así como sus correlaciones entre sí, lo cual puede conducir a generar escenarios incongruentes con el comportamiento real de los mercados, aún en condiciones de crisis.
- Se ha observado que los activos no necesariamente siguen un comportamiento aleatorio que se ajuste bien a una distribución normal, por lo que los resultados que se obtienen al medir el riesgo suponiendo normalidad, pueden llegar a subestimar el nivel real de riesgo de una cartera, es decir, la restricción del supuesto de normalidad impide la predicción de eventos que se encuentren fuera del periodo considerado en el análisis (lo cual sucede en el caso del VaR paramétrico).

Predecir situaciones de crisis es particularmente complicado en el caso de la simulación histórica y del VaR paramétrico, sin embargo, existen herramientas estadísticas que pueden contribuir para obtener mejores probabilidades en la obtención de los niveles de riesgo, que si bien no predicen una crisis, si ayudan a conocer el comportamiento cíclico y estacional de la variable en cuestión. Una de dichas herramientas puede ser el pronóstico, a través de

los modelos de series de tiempo, y, aunque intuitivamente podría decirse que el VaR es un pronóstico de la pérdida máxima a un determinado nivel de confianza, con los modelos de series de tiempo pueden obtenerse resultados más precisos y por tanto, mejores probabilidades al calcular los riesgos en la empresas, en éste caso, de las exportadoras e importadoras de productos agrícolas.

CAPÍTULO III

ECONOMETRÍA DE SERIES DE TIEMPO:

LA METODOLOGÍA BOX-JENKINS

El análisis de series de tiempo constituye una clase especial e importante de análisis de regresión no lineal. Lo que tiene de especial es que la variable exógena es también la variable endógena. En otras palabras, la autocorrelación antes que un problema, aquí es analizada como la fuente de una señal informativa, de manera que no estudian el comportamiento de una variable de acuerdo a un marco teórico, al cual deban ajustarse, sino que la única información importante son los datos de la variable en el pasado, por estas características se consideran idóneos para su uso con fines de pronóstico (Petroff, 2000).

Éste método deriva del control de calidad: mientras las variaciones en la producción de una máquina sean aleatorios y estén dentro de límites aceptables, la máquina estará operando adecuadamente. Cuando las variaciones en el tiempo son totalmente aleatorias no pueden explicarse ni controlarse y se les llama "ruido blanco". En cuanto aparece un patrón reconocible, la serie de tiempo deja de ser un ruido blanco. En el caso de la máquina, indica que es probable que la futura producción se deteriore más allá de niveles aceptables, y requiere una acción correctiva. La extensión del análisis de las series de tiempo en la física y las ciencias sociales se debe principalmente a G. E. P. Box y G. M. Jenkins (Petroff, 2000).

Los modelos econométricos de series de tiempo pueden ser utilizados con la finalidad de pronosticar distintas variables con base en el comportamiento de las mismas en el tiempo y pueden aportar elementos importantes para la toma de decisiones en la gestión del riesgo.

Un pronóstico del comportamiento de las variables a estudiar puede mejorar la toma de decisiones, puesto que mientras que el VaR -específicamente el Var paramétrico y de simulación histórica- se limita a estimar una pérdida máxima con base en observaciones diarias recientes, el pronóstico de series de tiempo, ofrece estimaciones de la media con valores mínimos y máximos, lo cual los hace ideales para el cálculo del VaR a largo plazo.

1. Metodología Box-Jenkins

Para realizar el análisis de riesgo propuesto, debe realizarse el cálculo de los precios a futuro de las variables para conocer sus niveles mínimos y máximos a futuro a determinado nivel de confianza; para la realización de dichos pronósticos, Gujarati (2004) plantea a la metodología Box-Jenkins como una herramienta que ayudará a determinar si la serie de tiempo sigue un proceso autorregresivo (AR) puro (p), un proceso de medias móviles (MA) puro (q), un proceso ARMA (p y q) o un proceso ARIMA, en cuyo caso se deben conocer los valores de p , d y q consiste básicamente en cuatro pasos:

1. *Identificación*: es decir, encontrar los valores apropiados de p , d y q .
2. *Estimación*: la etapa posterior a la identificación de los valores de p y q , es estimar los parámetros de los términos autorregresivos y de media móvil incluidos en el modelo. Algunas veces, este cálculo puede hacerse mediante mínimos cuadrados simples, pero otras se tendrá que recurrir a métodos de estimación no lineal.
3. *Verificación de diagnóstico*: después de seleccionar un modelo ARIMA particular y de estimar sus parámetros, se verificará si el modelo seleccionado se ajusta a los datos en forma razonablemente buena, ya que es posible que exista otro modelo ARIMA que también lo haga. Una simple prueba del modelo seleccionado es ver si los residuales estimados a partir de este modelo son de ruido blanco; si lo son, puede aceptarse el ajuste particular; si no lo son, debe empezarse nuevamente. Por tanto, la metodología Box-Jenkins es un proceso iterativo. Hernández (2007) recomienda varias pruebas econométricas que deben aplicarse a los modelos de series de tiempo a los modelos ARIMA, que darán validez a los supuestos bajo los que se encuentra el modelo, los cuales son: normalidad, no autocorrelación y no heterocedasticidad.
4. *Predicción*: Una de las razones de la popularidad del proceso de construcción de modelos ARIMA es su éxito en la predicción. En muchos casos las predicciones obtenidas por este método son más contables que las obtenidas de la elaboración tradicional de modelos particularmente para predicciones de corto plazo. En ésta etapa se establecerá un intervalo de confianza para los pronósticos obtenidos de la

aplicación de éste proceso, lo cual será fundamental para el análisis de riesgo propuesto en la presente investigación.

Para definir con mayor claridad la metodología Box-Jenkins, en los siguientes apartados se explican algunos conceptos referentes a la aplicación de la metodología.

2. Procesos Estocásticos

De acuerdo con Gujarati (2004) un proceso estocástico o aleatorio es una colección de variables aleatorias ordenadas en el tiempo. Si Y denota una variable aleatoria y continua, se denota como $Y(t)$, pero si es discreta se expresa como Y_t .

La diferencia entre el proceso estocástico y su realización es semejante a la diferencia entre población y muestra en datos transversales. De la misma forma en que se utilizan los datos muestrales para hacer inferencias respecto a la población, en las series de tiempo se emplea la realización para llevar a cabo inferencias respecto al proceso estocástico subyacente.

2.1. PROCESO ESTOCÁSTICO ESTACIONARIO

Según Cuthbertson (1998), se dice que un proceso estocástico es estacionario si su media y su varianza son constantes en el tiempo y si el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o rezago entre dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza. En la literatura de series de tiempo, un proceso estocástico como éste se conoce como proceso estocástico débilmente estacionario, estacionario covariante, estacionario de segundo orden, o proceso estocástico en amplio sentido. Para explicar esta afirmación, considérese Y_t una serie de tiempo estocástica con las siguientes propiedades:

$$\text{Media: } E(Y_t) = \mu \quad (3)$$

$$\text{Varianza: } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (4)$$

$$\text{Covarianza: } \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (5)$$

donde γ_k , la covarianza (o autocovarianza) al rezago k , es la covarianza entre los valores de Y_t y Y_{t+k} , es decir; entre dos valores Y que están separados k periodos. Si $k = 0$, se obtiene γ_0 , que es simplemente la varianza de $Y = \sigma^2$; si $k = 1$, γ_1 es la covarianza entre dos valores adyacentes de Y .

En resumen, si una serie de tiempo es estacionaria, su media, su varianza y su autocovarianza (en los diferentes rezagos) permanecen iguales sin importar el momento en el cual se midan; es decir, son invariantes respecto al tiempo. Tal serie de tiempo tenderá a regresar a su media (llamada reversión media) y las fluctuaciones alrededor de esta media (medida por su varianza) tendrán una amplitud constante muy extensa (Cuthbertson, 1998).

Gujarati (2004) sostiene que si una serie de tiempo no es estacionaria en el sentido antes definido, se denomina serie de tiempo no estacionaria. En otras palabras, una serie de tiempo no estacionaria tendrá una media que varía con el tiempo o una varianza que cambia con el tiempo, o ambas.

Se debe mencionar un tipo especial de proceso estocástico (o de series de tiempo), a saber: el proceso puramente aleatorio, o de ruido blanco. Se dice que un proceso es puramente aleatorio si tiene una media igual a cero, una varianza constante σ^2 y no está serialmente correlacionada (Gujarati, 2004).

2.2. PROCESOS ESTOCÁSTICOS NO ESTACIONARIOS

Pese a que el interés de la metodología Box Jenkins se centra en las series de tiempo estacionarias, es común encontrarse con series de tiempo no estacionarias, siendo el clásico ejemplo el modelo de caminata aleatoria (MCA). Muy a menudo los valores fluctúan constantemente siguiendo una caminata aleatoria; es decir, son no estacionarias. Se distingue entre dos tipos de caminatas aleatorias:

- *Caminata aleatoria sin variaciones.* Supóngase que u_t es un término de error con ruido blanco, con media 0 y varianza σ^2 . Entonces, se dice que la serie Y_t es de caminata aleatoria si:

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

en el modelo de caminata aleatoria, como se ve en (6), el valor de Y en el tiempo t es igual a su valor en el tiempo $(t-1)$ más un choque aleatorio; por tanto, es un modelo AR(1). Se puede pensar que (6) es una regresión de Y en el tiempo t , sobre su valor rezagado un periodo (Gujarati, 2004).

- *Caminata aleatoria con variaciones.* Se modificará (6) de la siguiente forma:

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

donde δ se conoce como el parámetro de variación. El nombre variación proviene del hecho de que si se escribe la ecuación anterior como:

$$Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = \delta + u_t \quad (8)$$

se muestra que Y_t varía hacia arriba o hacia abajo, dependiendo si δ es positiva o negativa. Obsérvese que el modelo (7) también es un modelo AR(1).

Siguiendo el procedimiento analizado en la caminata aleatoria sin variaciones, se puede demostrar que para el modelo de caminata aleatoria con variaciones (7):

$$E(Y_t) = Y_0 + t \cdot \delta \quad (9)$$

$$\text{var}(Y_t) = t\sigma^2 \quad (10)$$

Como puede observarse, para el MCA con variaciones la media, al igual que la varianza, se incrementa con el tiempo, violando de nuevo las condiciones de la estacionariedad (débil). En resumen, el MCA, con o sin variaciones, es un proceso estocástico no estacionario.

2.3. PROCESO ESTOCÁSTICO DE RAÍZ UNITARIA

Se escribirá el MCA (6) como:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (11)$$

si $\rho = 1$, (11) se convierte en un MCA (sin variaciones). Si ρ es de hecho 1, se tiene lo que se conoce como problema de raíz unitaria; es decir, se enfrenta una situación de no estacionariedad. El nombre de raíz unitaria se debe al hecho de que $\rho = 1$.¹⁰ Por lo que, los términos no estacionariedad, caminata aleatoria y raíz unitaria se consideran sinónimos.

Sin embargo, si $|\rho| \leq 1$, es decir, si el valor absoluto de ρ es menor que 1, entonces se puede demostrar que la serie de tiempo Y_t es estacionaria en el sentido que se definió aquí. Así pues, en la práctica es importante averiguar si una serie de tiempo tiene una raíz unitaria.

2.4. PROCESOS ESTOCÁSTICOS DE TENDENCIA ESTACIONARIA (TE) Y DE DIFERENCIA ESTACIONARIA (DE)

La distinción entre procesos estocásticos (o series de tiempo) estacionarios y no estacionarios tiene una importancia fundamental para saber si las tendencias de una serie son deterministas o estocásticas. Hablando en términos generales, si la tendencia de una serie de tiempo es del todo predecible y variable, se le llama tendencia determinista; en tanto que si no es predecible, se le llama tendencia estocástica. Para hacer más formal la definición, considérese el siguiente modelo de la serie de tiempo Y_t .

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 Y_{t-1} + u_t \quad (12)$$

donde u_t es un término de error con ruido blanco y donde t se mide cronológicamente.

¹⁰ Si $\rho = 1$, se puede expresar (11) como $Y_t - Y_{t-1} = u_t$. Ahora, utilizando el operador de rezago L , de modo que $LY_t = Y_{t-1}$, $L^2 Y_t = Y_{t-2}$, etc., se puede escribir (11) como $(1-L)Y_t = u_t$. El término raíz unitaria se refiere a la raíz del polinomio en el operador de rezago. Si se tiene $(1-L) = 0$, entonces $L = 1$, de ahí el nombre de raíz unitaria (Gujarati, 2004).

Ahora se tienen las siguientes probabilidades:

- *Caminata aleatoria pura:* si en (12) $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = 0$, $\beta_3 = 1$, se obtiene

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t \quad (13)$$

que no es otra cosa sino el MCA sin variaciones y por tanto es no estacionario. Pero obsérvese que si se expresa (13) como:

$$\Delta Y_t = (Y_t - Y_{t-1}) = u_t \quad (14)$$

se convierte en estacionaria, como se mencionó antes. Por tanto, un MCA sin variaciones es un proceso estacionario de diferencia (PED).

- *Caminata aleatoria con variaciones:* si en (14) $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 = 0$, $\beta_3 = 1$, se tiene

$$Y_t = \beta_1 + Y_{t-1} + u_t \quad (15)$$

que es una caminata aleatoria con variaciones y en consecuencia es no estacionaria. Si se expresa como:

$$(Y_t - Y_{t-1}) = \Delta Y_t = \beta_1 + u_t \quad (16)$$

esto significa que Y_t mostrará una tendencia positiva ($\beta_1 > 0$) o negativa ($\beta_1 < 0$). Tal tendencia se llama tendencia estocástica.

- *Tendencia determinista:* si en (14), $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 \neq 0$, $\beta_3 = 0$, se obtiene:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + u_t \quad (17)$$

lo cual se llama un proceso estacionario de tendencia (PET). Aunque la media de Y_t es $\beta_1 + \beta_2 t$ -que no es constante- su varianza ($= \sigma^2$) sí lo es. Una vez que se conocen los valores de β_1 y β_2 , la media puede pronosticarse sin ningún problema. Por tanto, si se resta la media de Y_t de Y_t , la serie resultante será estacionaria, de ahí

el nombre de tendencia estacionaria. Este procedimiento de eliminar la tendencia (determinista) se llama supresión de tendencia (Gujarati, 2004).

- *Caminata aleatoria con variaciones y tendencia determinista*: si en (12) $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 \neq 0$, $\beta_3 = 1$, se obtiene:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + Y_{t-1} + u_t \quad (18)$$

se tiene una caminata aleatoria con variaciones y tendencia determinista, lo cual puede notarse si se expresa esta ecuación como:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + u_t \quad (19)$$

lo cual significa que Y_t es no estacionaria.

- *Tendencia determinista con componente estacionario AR(1)*: si en (14) $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 \neq 0$, $\beta_3 < 1$, entonces se tiene:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 Y_{t-1} + u_t \quad (20)$$

que es estacionaria alrededor de la tendencia determinista.

2.5. PROCESOS ESTOCÁSTICOS INTEGRADOS

El modelo de caminata aleatoria no es más que un caso específico de una clase más general de procesos estocásticos conocidos como procesos integrados. Por tanto, se llama MCA sin variaciones proceso integrado de orden 1 y se denota como $I(1)$. De manera similar, si una serie de tiempo tiene que diferenciarse dos veces (es decir, se toma la primera diferencia de la primera diferencia), para hacerla estacionaria, se llamará a esa serie de tiempo integrada de orden 2. En general, si una serie de tiempo (no estacionaria) debe diferenciarse d veces para hacerla estacionaria, se dice que la serie es integrada de orden d . Una serie de tiempo Y_t integrada de orden d se denota como $Y_t \sim I(d)$. Si una serie de tiempo es estacionaria

desde el principio (es decir, no requiere ninguna diferenciación), se dice que es integrada de orden cero y se denota mediante $Y_t \sim I(0)$. Por lo que, los términos “serie de tiempo estacionaria” y “serie de tiempo integrada de orden cero”, significarán la misma cosa (Gujarati, 2004).

3. Pruebas de Estacionariedad

Existen dos pruebas para saber si una serie de tiempo determinada es estacionaria o si hay alguna forma de convertirla en estacionaria: el análisis gráfico y la prueba del correlograma.

La prueba gráfica proporciona una clave inicial respecto a la posible naturaleza de la serie de tiempo, y por tanto, antes de que se lleve a cabo una prueba formal, siempre resulta aconsejable graficar la serie de tiempo bajo estudio.

Una prueba sencilla de estacionariedad está basada en la denominada función de autocorrelación (ACF, por sus siglas en inglés). La ACF al rezago k , denotada por ρ_k se define como:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (21)$$

$$\rho = \frac{\text{covarianza al rezago } k}{\text{varianza}}$$

3.1. PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA

Una prueba alternativa sobre estacionariedad (o no estacionariedad) que se ha hecho popular recientemente se conoce como la prueba de raíz unitaria.

El punto de inicio es el proceso (estocástico) de raíz unitaria, el cual inicia con

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (22)$$

donde u_t es un término de error con ruido blanco.

Se sabe que si $\rho = 1$, es decir, en el caso de la raíz unitaria, (22) se convierte en un modelo de caminata aleatoria sin variaciones, del cual se sabe que es un proceso estocástico

no estacionario. Por consiguiente, puede realizarse la simple regresión de Y_t sobre su valor rezagado (de un periodo) Y_{t-1} y averiguarse si la ρ estimada es estadísticamente igual a 1. Si así fuera, entonces Y_t es no estacionaria. Ésta es la idea general detrás de la prueba de raíz unitaria para la estacionariedad.

Se manipula (22) de la siguiente forma: se resta Y_{t-1} en ambos lados para obtener:

$$\begin{aligned} Y_t - Y_{t-1} &= \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \\ &= (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (23)$$

la cual se puede expresar alternativamente como:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (24)$$

donde $\delta = (\rho - 1)$ y Δ , es el operador de la primera diferencia.

Por tanto, en la práctica en vez de estimar (22), se calcula (24) y se prueba la hipótesis (nula) de que $\delta = 0$. Si $\delta = 0$, entonces $\rho = 1$; es decir, se tiene una raíz unitaria, lo cual significa que la serie de tiempo bajo consideración es estacionaria.

La alternativa de la prueba de raíz unitaria es la prueba Dickey-Fuller (1979). Dickey y Fuller probaron que la hipótesis nula de que $\delta = 0$, el valor estimado t del coeficiente Y_{t-1} en (24) sigue el estadístico τ (*tau*). Estos autores calcularon los valores críticos del estadístico *tau* con base en las simulaciones Monte Carlo. El estadístico o prueba *tau* se conoce como la prueba Dickey-Fuller (DF), en honor a sus descubridores. Resulta interesante que si la hipótesis de que $\delta = 0$ se rechaza (es decir, la serie de tiempo es estacionaria), se puede utilizar la prueba t (de Student) ordinaria.

El procedimiento real de implantar la prueba DF involucra diversas decisiones. Un proceso de caminata aleatoria tal vez no tuviera variaciones, o quizá sí, o que posiblemente tuviera tendencias deterministas y estocásticas. A fin de permitir las distintas posibilidades, la prueba DF se estima en tres diferentes formas, es decir, bajo tres distintas hipótesis nulas:

1. Y_t es una caminata aleatoria:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (25)$$

2. Y_t es una caminata aleatoria con variaciones:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (26)$$

3. Y_t es una caminata aleatoria con variaciones alrededor de una tendencia estocástica:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (27)$$

donde t es el tiempo o la variable de tendencia. En cada caso, la hipótesis nula es que $\delta = 0$; es decir, existe una raíz unitaria: la serie de tiempo es no estacionaria. La hipótesis alternativa es que δ es menor que cero; es decir, la serie de tiempo es estacionaria (Gujarati, 2004).

Dickey y Fuller desarrollaron una prueba cuando el término de error u si está correlacionado, la cual se conoce como prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF, por sus siglas en inglés). Esta prueba se lleva a cabo “aumentando” a las ecuaciones (25), (26) y (27) los valores rezagados de la variable ΔY_t . Partiendo de la ecuación (27), la prueba ADF consiste en este caso, en estimar la siguiente regresión:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (28)$$

donde ε_t es un término de error puro con ruido blanco y donde $\Delta Y_{t-1} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$, $\Delta Y_{t-2} = (Y_{t-2} - Y_{t-3})$, etc. El número de términos de diferencia rezagados que se debe incluir, con frecuencia se determina de manera empírica, siendo la idea incluir los términos suficientes para que el término de error en (28) no esté serialmente relacionado. En la ADF se sigue probando $\delta = 0$ y además esta prueba sigue la misma distribución asintótica que el estadístico DF, por lo que se pueden utilizar los mismos valores críticos (Gujarati, 2004).

3.2. PROCESOS ESTACIONARIOS EN DIFERENCIAS

Si una serie de tiempo tiene una raíz unitaria, las primeras diferencias de ésta son estacionarias. En consecuencia, la solución aquí es tomar las primeras diferencias de las series de tiempo.

3.3. PROCESO ESTACIONARIO CON TENDENCIA

La manera más simple de convertir en estacionaria una serie de tiempo es hacer la regresión de ella sobre el tiempo, por lo que los residuos de tal regresión serán estacionarios.

En otras palabras, se realiza la siguiente regresión:

$$Y_t = \beta + \beta_2 t + u_t \quad (29)$$

donde Y_t es la serie de tiempo estudiada y t es la variable de tendencia medida de manera cronológica. Ahora bien:

$$\hat{u}_t = (Y_t - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 t) \quad (30)$$

será estacionaria. A \hat{u}_t se le conoce como la serie de tiempo sin tendencia.

4. Validación de los Supuestos del Modelo:

Normalidad, Autocorrelación y Heterocedasticidad

Los modelos econométricos deben poseer ciertas características sobre el comportamiento de los ciertos características sobre el comportamiento de los errores del mismo, los cuales se espera que sean esféricos, es decir, que no se encuentren autocorrelacionados, que sean homocedásticos y que se distribuyan normalmente. De esta manera el paso siguiente debe ser el de validar dichos supuestos.

El supuesto de autocorrelación debe verificarse por medio del correlograma de los errores del modelo, esta herramienta nos indica si éstos se encuentran autocorrelacionados o si se comportan como ruido blanco.

Cabe destacar que por la naturaleza del modelo ARIMA pruebas individuales de heterocedasticidad, como la prueba general de White (1980) no pueden ser llevadas a cabo, sin embargo, se puede hacer un estudio de existencia o no de heterocedasticidad condicional autorregresiva (ARCH, por sus siglas en inglés), mediante la siguiente regresión auxiliar de los residuos al cuadrado del modelo:

$$U_t^2 = \gamma_0 + \phi_1 U_{t-1}^2 + \dots + \phi_n U_{t-n}^2 \quad (31)$$

Finalmente, la prueba de normalidad de los errores, se verifica mediante la prueba de Jarque-Bera (1980) (JB) que establece si una variable se distribuye normalmente mediante el cálculo del sesgo y la curtosis de la misma -los cuales deben tener valores cercanos o iguales a cero y tres, respectivamente-, por medio del siguiente estadístico:

$$JB = \frac{n}{6} \left[S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right] \quad (32)$$

5. Capacidad de Predicción del Modelo

Habiendo cumplido el modelo de series de tiempo con los supuestos, se procede a pronosticar la variable y se evalúa la capacidad del modelo para el pronóstico con fundamento en el coeficiente de Theil (1966), de distorsión, varianza y covarianza, cuyo cálculo se realiza a través de las siguientes fórmulas:

$$\text{Coeficiente de Theil} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n+1} \sum (\hat{Y}_t - Y_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n+1} \sum \hat{Y}_t^2 + \frac{1}{n+1} \sum Y_t^2}} \quad (33)$$

Para que un modelo sea adecuado para el pronóstico, el valor del coeficiente de Theil debe ser inferior a 0.2.

$$\text{Distorsión} = \frac{(\bar{\hat{Y}} - \bar{Y})^2}{\sum (\hat{Y} - Y)^2 / n} \quad (34)$$

Un modelo adecuado para el pronóstico, debe arrojar un valor de la distorsión muy cercano a cero.

$$\text{Varianza} = \frac{(S\hat{y} - S_y)^2}{\sum (\hat{Y} - Y)^2 / n} \quad (35)$$

Para que un modelo sea adecuado para el pronóstico, el valor de la varianza debe ser lo más cercano posible a cero.

$$\text{Covarianza} = \frac{2(1-r)S\hat{y}S_y}{\sum (\hat{Y} - Y)^2 / n} \quad (36)$$

Un modelo adecuado para el pronóstico debe presentar un valor de la covarianza lo más cercano posible a uno.¹¹

6. Intervalo de Confianza del Pronóstico

Los pronósticos nos indican un valor aproximado que puede adoptar la variable en cuestión en el futuro, al cumplir con el supuesto de normalidad, se asume que presenta las características de una distribución normal o gaussiana, por lo cual, se puede establecer un intervalo de confianza, siguiendo los criterios de dicha distribución:

1. Aproximadamente el 68% de los valores de una población normalmente distribuida se encuentran a $\pm \sigma$ de μ .
2. Aproximadamente el 95.5% de los valores de una población normalmente distribuida se encuentran a $\pm 2\sigma$ de μ .
3. Aproximadamente el 99.7% de los valores de una población normalmente distribuida se encuentran a $\pm 3\sigma$ de μ .

Así, considerando un 95.5% de confianza -que es el nivel más utilizado-, se establece el intervalo de confianza (37), lo cual, daría un resultado muy similar al gráfico III-1.

$$IC = \hat{Y} \pm 2\sigma \quad (37)$$

¹¹ La suma de la distorsión, varianza y covarianza es igual a la unidad.

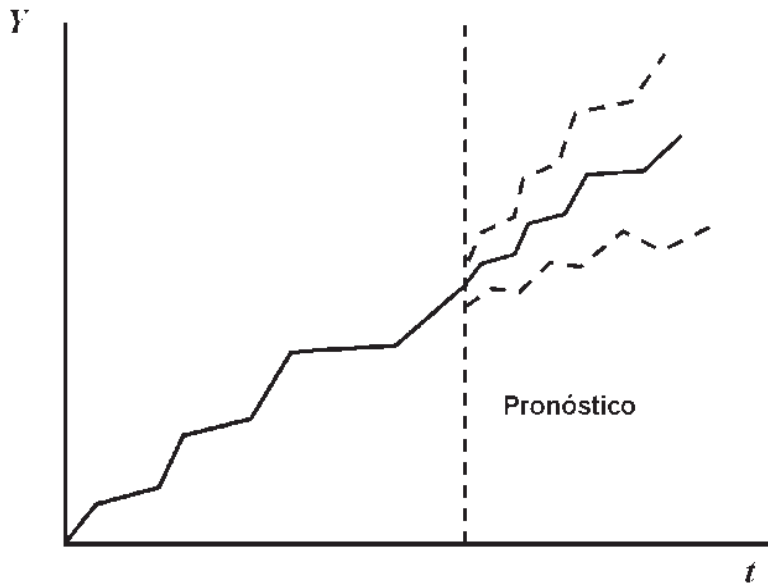


Gráfico III-1
Intervalo de
confianza para el
pronóstico.

Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

HACIA UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE PROBABILIDADES DE RIESGO

Los modelos de serie de tiempo pueden llegar a convertirse en un elemento importante en la medición de riesgo: por un lado, pueden ser utilizados para determinar un VaR paramétrico a largo plazo, que sea capaz de contar una historia más completa de la variable en cuestión; por otro lado, éstos modelos proporcionan elementos suficientes para asignar probabilidades de riesgo a una operación, dados un valor mínimo aceptable para la variable riesgosa y un nivel de confianza determinado. Por tanto, las series de tiempo pueden ofrecer una forma novedosa de medición de riesgo, mejorando el VaR paramétrico y a la vez, ofreciendo elementos que contribuyen al cálculo de mejores probabilidades, proporcionando así, dos elementos claves para la toma de decisiones: el valor de pérdida máxima y la probabilidad de obtener pérdidas en una operación, dado el punto de quiebre de la empresa, siendo éste último el método que se utilizará para comprobar la incidencia de las variables independientes sobre el riesgo en las comercializadoras.

1. Series de Tiempo y Medición de Riesgo

La aplicación de las series de tiempo en el análisis de riesgos es utilizada especialmente para pronosticar la volatilidad no homocedástica de las series a través de procesos ARCH (autorregresivo y condicional heterocedástico) o GARCH (generalización de los procesos ARCH). Sin embargo, al modelar pronósticos de las variables riesgosas a través de modelos

ARMA, siguiendo la metodología de Box y Jenkins y retomando la idea de Hardaker (2000) en la que plantea la dificultad de encontrar mejores probabilidades para el riesgo, se considera que es posible determinar al riesgo entendiéndolo como la probabilidad de tener un resultado no deseado, sea que los precios caigan por debajo de los precios de equilibrio, que la tasa de interés suba más allá de la tasa de interés de equilibrio o que la volatilidad del tipo de cambio afecte al valor de los pasivos y activos en moneda extranjera

Así, considerando la teoría de la Utilidad Subjetiva Esperada (Anderson, Dillon y Hardaker, 1977), podemos formular un modelo de obtención de probabilidades de riesgo a través de la utilización de las series de tiempo, de manera que, considerando un precio esperado por el administrador¹² (P^*) y el pronóstico obtenido¹³, proporcione una medida de riesgo en términos de probabilidad.

De tal modo que, si el pronóstico obtenido por la metodología Box-Jenkins a través del análisis de series de tiempo:

- proporciona una media pronosticada,
- una desviación estándar para cada media pronosticada,
- requiere de una distribución normal de los errores del modelo,

entonces puede entonces utilizarse la fórmula de estandarización de la distribución normal para calcular una probabilidad de riesgo, puesto que se tienen los elementos necesarios, es decir: media, desviación estándar y el valor cuya probabilidad se desea obtener bajo el supuesto de que el comercializador ha considerado ya un P^* (gráfico III-2).

Teniendo un precio con el cual se recuperen los costos y/o se obtengan las ganancias esperadas, será sencillo construir un índice de probabilidad considerando que:

$$Z = \frac{X - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (38)$$

donde:

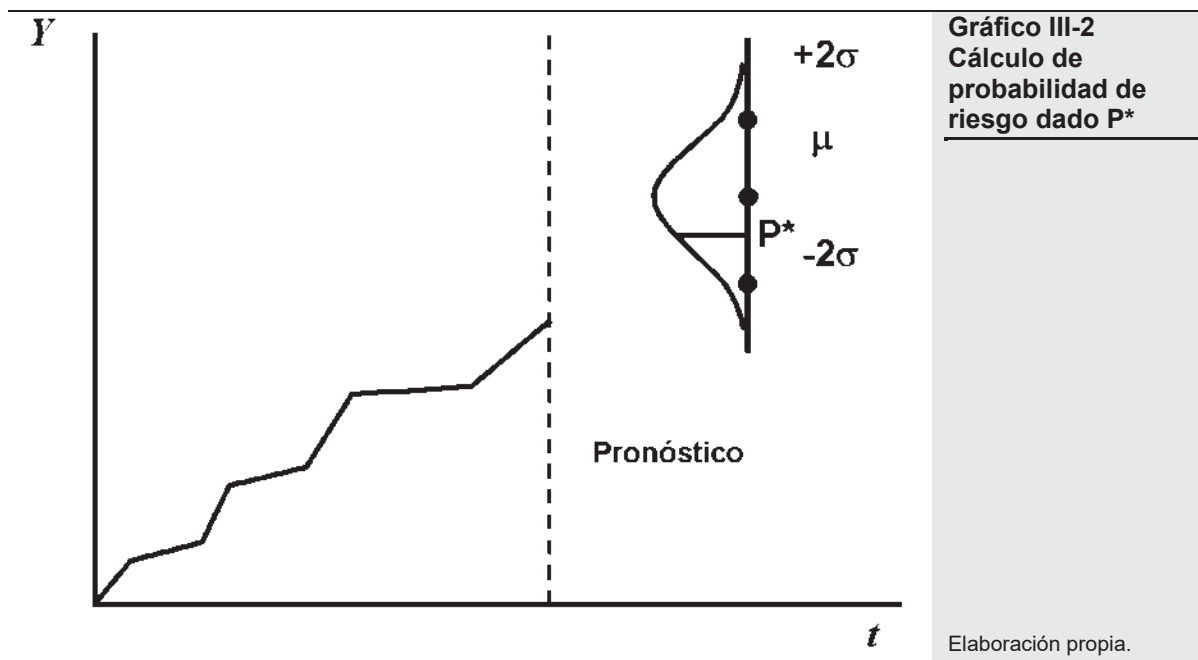
X = al valor de la variable aleatoria de interés (es decir, P^* , que es el precio esperado)

$\hat{\mu}$ = valor pronosticado de la media

$\hat{\sigma}$ = valor pronosticado de la desviación estándar

¹² Entiéndase como el valor de las variables debajo del cual se considere una pérdida, puede ser un precio de equilibrio, utilidad esperada o el mínimo precio soportado.

¹³ Suponiendo que los residuos se distribuyen normalmente.



Obteniendo así un valor a que permitirá calcular el área de probabilidad del valor esperado de acuerdo a la tabla de distribución Z (cuadro A-36).

Cabe mencionar que, puesto que las variables consideradas en la investigación se resumen en tipo de cambio, tasas de interés y precios agrícolas, con fines de ejemplificación se realizará un modelo siguiendo la metodología Box-Jenkins para cada uno de estos elementos, probando su predictibilidad a corto y mediano plazo.

2. Predictibilidad de las Variables de Riesgo

Para conocer las probabilidades de riesgo, es necesario conocer si las variables independientes son predecibles, es decir, será necesario obtener primero un pronóstico de dichas variables para facilitar los cálculos; a continuación se mostrarán los modelos utilizados para la generación de los estadísticos que serán básicos para determinar las probabilidades de riesgo. Cabe mencionar que los pronósticos de las series de tiempo se realizarán por medio del programa EViews 5.

2.1. PRONÓSTICO DEL TIPO DE CAMBIO

Para calcular la probabilidad del riesgo presente ante las variaciones del tipo de cambio, se calculará el pronóstico con base en la cotización máxima a la venta registrado por el Banco de México considerando el periodo que va de enero de 1995 a febrero de 2009, los datos de la serie pueden encontrarse en el Cuadro A-1 del apéndice y el comportamiento puede observarse en el gráfico III-3.

Como primer paso para el pronóstico de la serie, se realiza la prueba de raíces unitarias (cuadro A-2 del apéndice), la cuál indica que la serie en nivel tiene raíces unitarias, para resolver el problema, se transforma la serie con la primera diferencia de su logaritmo, que es algo muy cercano a la tasa de crecimiento. En el gráfico III-4 puede apreciarse que la serie ya es estacionaria, lo cual se corrobora con la prueba de raíces unitarias para la serie TC (tipo de cambio) en el cuadro A-3 del apéndice, donde el estadístico ADF es menor que los valores críticos a cualquier nivel de significación, lo cual también se corrobora con el valor prob., por el cual se rechaza la hipótesis nula (la serie tiene raíces unitarias) y se acepta la hipótesis alternativa (la serie no tiene raíces unitarias).

Teniendo ya una serie estacionaria, se procede a encontrar el modelo ARIMA, para lo cual se utilizó la prueba del correlograma de los residuos estandarizados y de los residuos estandarizados al cuadrado para identificar los patrones AR y MA de la serie ya transformada, procediendo después a la especificación del modelo, la cual se resume en el cuadro III-1.

Puede observarse en principio que se tuvo que utilizar una variable dicotómica (DUM) para solucionar el problema que representa el salto atípico que presenta la serie en Octubre de 2008 siendo éste el mes en el que se representa con esta variable a la crisis financiera internacional, proporcionando así mayor información al cálculo del pronóstico. El modelo presenta también un componente autorregresivo de orden 2 (AR(2)) y uno de medias móviles de orden 35 (MA(35)), así como un proceso ARCH de orden 5, obteniendo con ello una R^2 ajustada del 65.79%, lo que significa un buen nivel de ajuste.

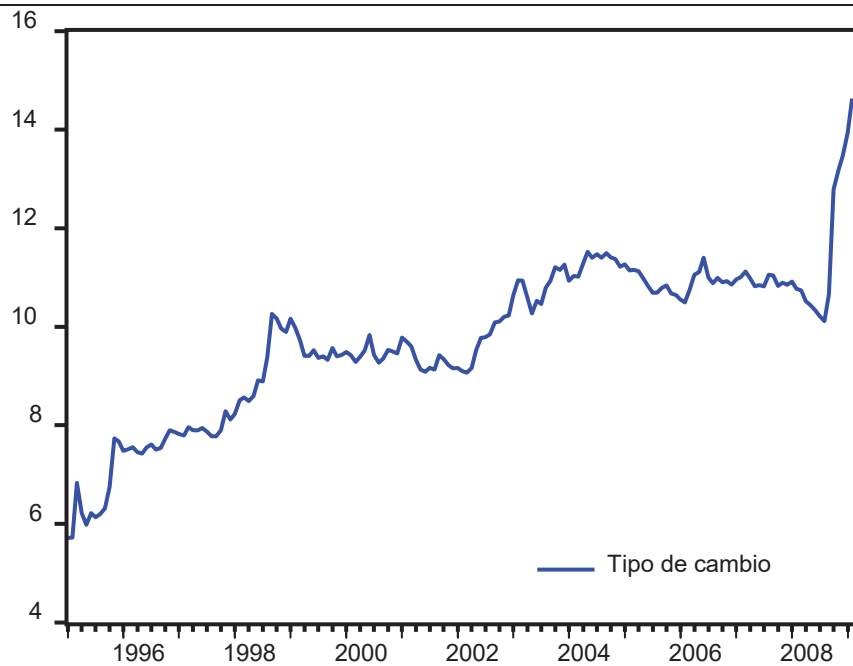


Gráfico III-3
Tipo de cambio
Interbancario 24
horas* (Serie TC)
Ene/95-Feb/09.

Unidad: Pesos por dólar.
 Fuente: Banco de México
 *Venta-máximo.
 Cotizaciones promedio

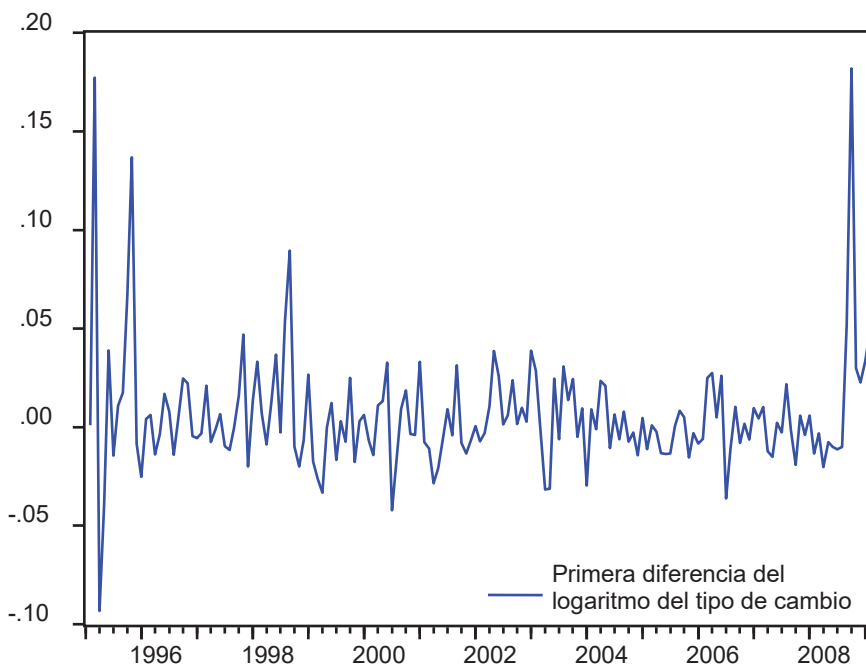


Gráfico III-4
Serie TC
transformada
D(LOG(TC))*.
Ene/95-Feb/09.

Fuente: elaboración propia con base en datos del Banco de México
 * Primera diferencia del logaritmo del tipo de cambio.

Cuadro III-1
Especificación final del modelo ARIMA para D(LOG(TC))

Variable Dependiente : D(LOG(TC))

Método: Mínimos Cuadrados - ARCH (Marquardt) - Distribución Normal

Muestra (ajustada): 2000M01 2009M02

MA backcast: 1997M01 1999M12 Backcast de la Varianza Activado

	Coeficiente	Error est.	Estadístico z	Prob.
C	0.00412	0.00191	2.16009	0.03080
DUM	0.17101	0.01378	12.4124	0.00000
AR(2)	0.33653	0.07707	4.36629	0.00000
MA(35)	-0.91592	0.01600	-57.2326	0.00000
Ecuación de la Varianza				
C	0.00004	0.00002	1.62987	0.10310
RESID(-1)^2	0.09070	0.14418	0.62910	0.52930
RESID(-2)^2	-0.03791	0.04831	-0.78469	0.43260
RESID(-3)^2	0.01881	0.05089	0.36956	0.71170
RESID(-4)^2	0.06363	0.06871	0.92602	0.35440
RESID(-5)^2	0.78741	0.29273	2.68988	0.00710
R ²	0.66775	Var. dependiente promedio		0.00400
R ² ajustada	0.63785	S.D. variable dependiente		0.02475
Desv. Est. De la regresión	0.01489	Criterio Akaike info		-5.83865
Suma de los residuos al cuadrado	0.02218	Criterio Shwarz		-5.59315
Log de la verosimilitud	331.126	Estadístico Durbin-Watson		22.3308
Durbin-Watson stat	1.61734	Prob. (Estadístico-F)		0.00000
Raíces invertidas AR	0.58	-0.58		
Raíces invertidas MA	1	.98+.18i	.98-.18i	.93+.35i
		.93-.35i	.86+.51i	.75-.66i
		.75+.66i	.62-.78i	.47-.88i
		.47+.88i	.31+.95i	.13+.99i
		.13-.99i	-.04+1.00i	-.22-.97i
		-.22+.97i	-.39+.92i	-.55+.83i
		-.55-.83i	-.69-.72i	-.81+.59i
		-.81+.59i	-.90+.43i	-.96+.27i
		-.96-.27i	-.99+.09i	-.99-.09i

Elaboración propia

En los cuadros A-4 y A-5 del apéndice se muestran los correlogramas de los residuos estandarizados y de los residuos estandarizados al cuadrado, donde se demuestra que los errores no se determinan entre sí. Así mismo, el modelo cumple los principios de normalidad de los residuos (gráfico A-1), de no heterocedasticidad condicional autorregresiva (cuadro A-6). Finalmente, la bondad del pronóstico se analiza en el cuadro de evaluación del pronóstico A-7, donde se observa que el pronóstico cumple con los requerimientos para ser estadísticamente válido.

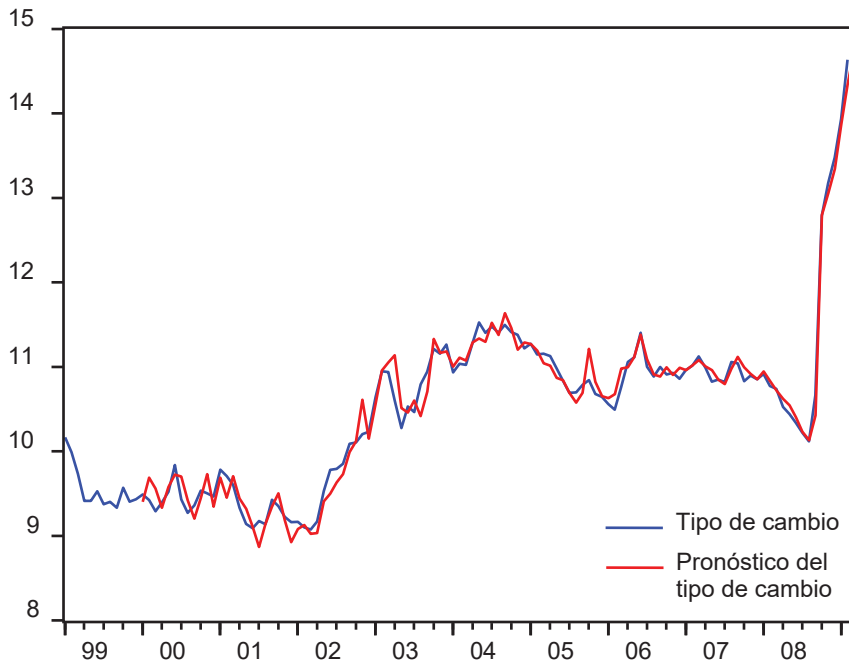


Gráfico III-5
Ajuste del
pronóstico del tipo
de cambio a la serie
real.
Ene/99-Mar/09

Unidad: Pesos por dólar.
 Fuente: elaboración propia
 y con base en datos de
 Banco de México.

Habiendo el modelo pasado todas las pruebas estadísticas, se procede a elaborar el pronóstico. El gráfico III-5 presenta el tipo de cambio mensual observado contra el pronóstico de la media de la misma serie, en el que es posible observar gráficamente el nivel de ajuste del pronóstico con la serie.

Además del pronóstico de la media, el análisis de series de tiempo proporciona también un cálculo de la desviación estándar con la que es posible calcular el intervalo de confianza de acuerdo con la ecuación (37) obteniendo así valores mínimos y máximos esperados para el mes siguiente, obteniendo los siguientes datos para el tipo de cambio a marzo de 2009:

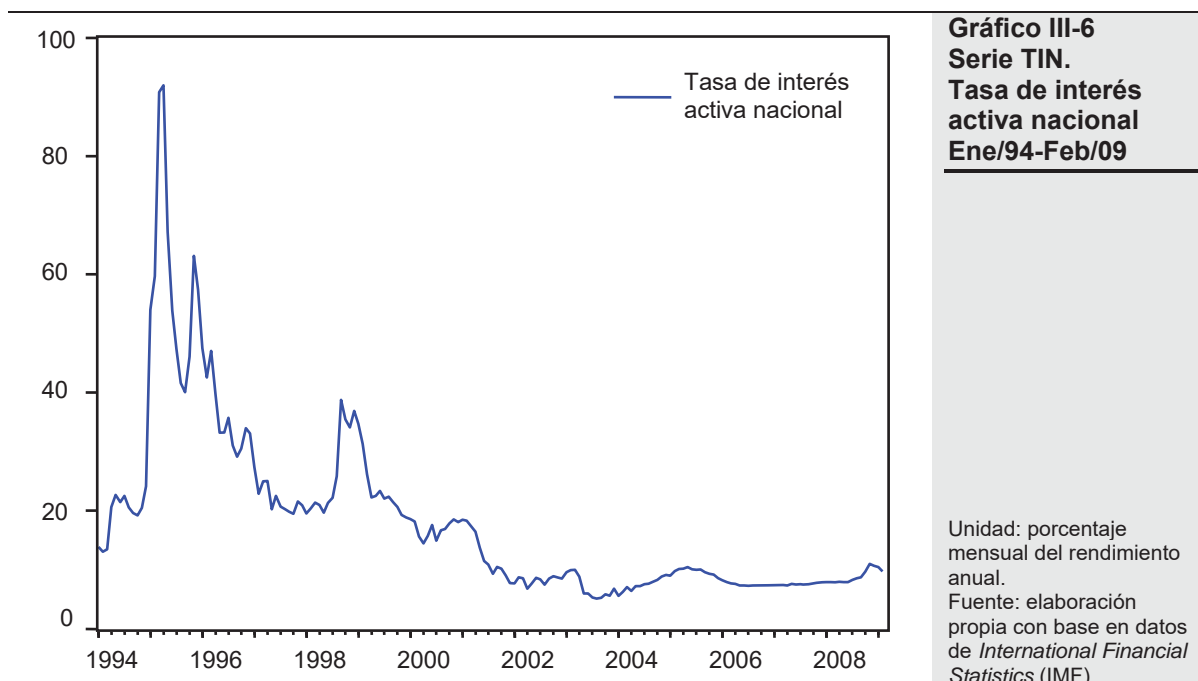
- Pronóstico de la media: \$ 14.7695
- Desviación estándar: 0.1386
- Valor mínimo esperado: 14.4923
- Valor máximo esperado: 15.0467

Cada valor se encuentra en pesos por dólar. Posteriormente serán utilizados estos datos para la medición de la probabilidad de riesgo con la aplicación de la fórmula (38).

2.2. PRONÓSTICO DE LA TASA DE INTERÉS

2.2.1. TASA DE INTERÉS NACIONAL

Al igual que con el tipo de cambio, se continuará empleando el método Box-Jenkins de análisis de series de tiempo para saber si la variable tasa de interés nacional es predecible, para lo cual se utilizará la tasa de interés activa (*lending rate*) en México cuyos datos pueden encontrarse en el cuadro A-8 del apéndice, y fueron obtenidos de las bases de datos del servicio en línea de Estadísticas Financieras Internacionales, IFS por sus siglas en inglés (*International Financial Statistics*), del Fondo Monetario Internacional, asumiendo que ésta es la tasa a la que están sujetos los pasivos de la empresa comercializadora.



En el gráfico III-6 puede observarse el comportamiento de la variable, cuyo análisis de raíces unitarias (cuadro A-9 del apéndice) demuestra que la serie no es estacionaria, para lo cual se realiza la transformación a la primera diferencia del logaritmo de la serie para resolver el problema.

A través de la prueba de los correlogramas se identificaron algunos procesos autorregresivos y de promedios móviles que fueron modelados con la variable transformada, resultando el modelo como se aprecia en el cuadro III-2.

Cuadro III-2
Especificación final del modelo ARIMA para D(LOG(TIN))

Variable Dependiente : D(LOG(TIN))

Método: Mínimos Cuadrados - ARCH (Marquardt) - Distribución Normal

Muestra (ajustada): 2002M01 2009M02

MA backcast: 2000M07 2001M12 Backcast de la Varianza: activado

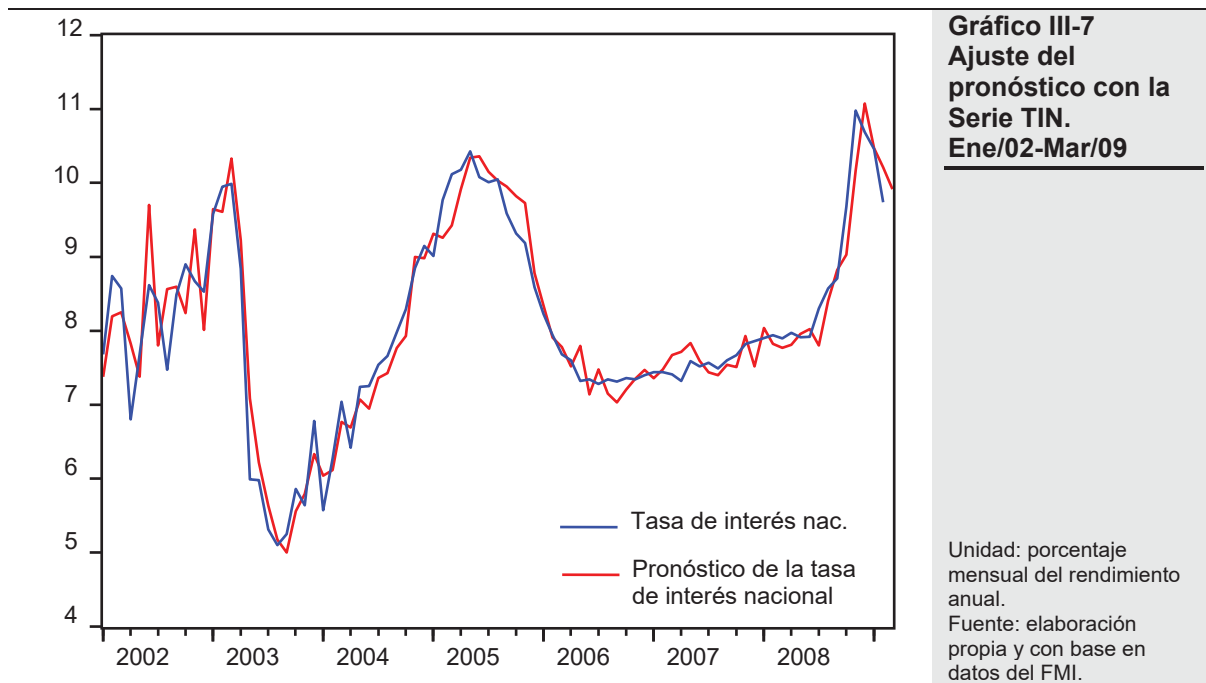
	Coefficiente	Error est.	Estadístico z	Prob.
AR(18)	0.27325	0.05487	4.97984	0.00000
MA(10)	-0.29047	0.04517	-6.43003	0.00000
MA(8)	0.31387	0.04023	7.80184	0.00000
MA(18)	-0.90995	0.01391	-65.3984	0.00000
Ecuación de la Varianza				
C	0.00048	0.00051	0.95649	0.33880
GARCH(-1)	0.08862	0.19044	0.46532	0.64170
GARCH(-2)	-0.13235	0.24512	-0.53995	0.58920
GARCH(-3)	-0.17147	0.22524	-0.76128	0.44650
GARCH(-4)	0.92726	0.23113	4.01177	0.00010
R ²	0.621777	Var. dependiente promedio		0.002688
R ² ajustada	0.582481	S.D. variable dependiente		0.079677
Desv. Est. De la regresión	0.051484	Criterio Akaike info		-3.270071
Suma de los residuos al cuadrado	0.204096	Criterio Shwarz		-3.013221
Log de la verosimilitud	149.6131	Estadístico Durbin-Watson		2.145783
Raíces invertidas AR				
	0.93	.87+.32i	.87-.32i	.71-.60i
		.71+.60i	.47+.81i	.47-.81i
		.16+.92i	-.16+.92i	-.16-.92i
		-.47-.81i	-.71+.60i	-.71-.60i
		-.87-.32i	-0.93	
Raíces invertidas MA				
	0.99	.93+.35i	.93-.35i	.78-.62i
		.78+.62i	.47+.88i	.47-.88i
		.21+.97i	-.21-.97i	-.21+.97i
		-.47-.88i	-.78+.62i	-.78-.62i
		-.93+.35i	-0.99	

Elaboración propia

Ajustando la muestra, el modelo se compone de un proceso AR de orden 18 y tres MA de orden 8, 10 y 18, así como de un proceso GARCH de orden 4, obteniendo una R² ajustada de 58.25%. el modelo especificado pasa las pruebas requeridas de no autocorrelación (cuadros A-11 y A-12 del apéndice), normalidad (gráfico A-2) y no heterocedasticidad (cuadro A-13), así como la evaluación estadística del pronóstico (cuadro A-14) finalmente, se emplea el modelo para calcular el pronóstico de la tasa de interés. En el gráfico III-7 puede observarse el nivel de ajuste del pronóstico, obteniendo el pronóstico

de la media, así como una desviación estándar para marzo de 2009, obteniendo los siguientes resultados:

- Pronóstico de la media: 9.9158 %
- Desviación estándar: 0.5713%
- Valor mínimo esperado: 8.7732%
- Valor máximo esperado: 11.0585%

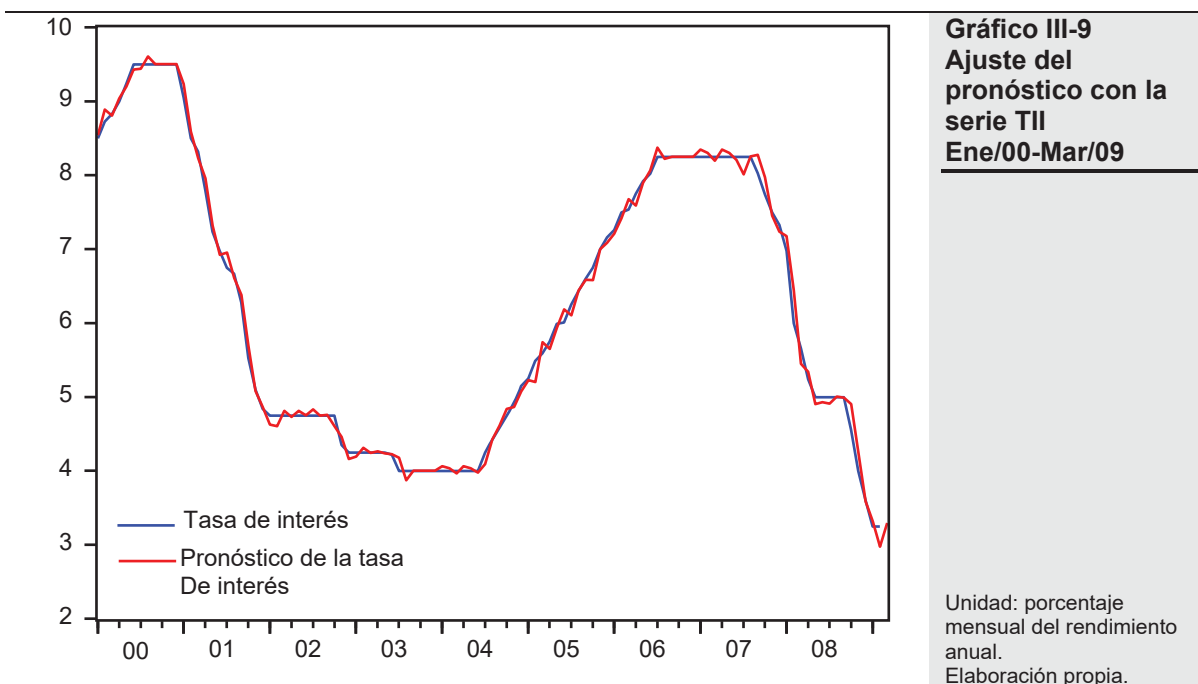
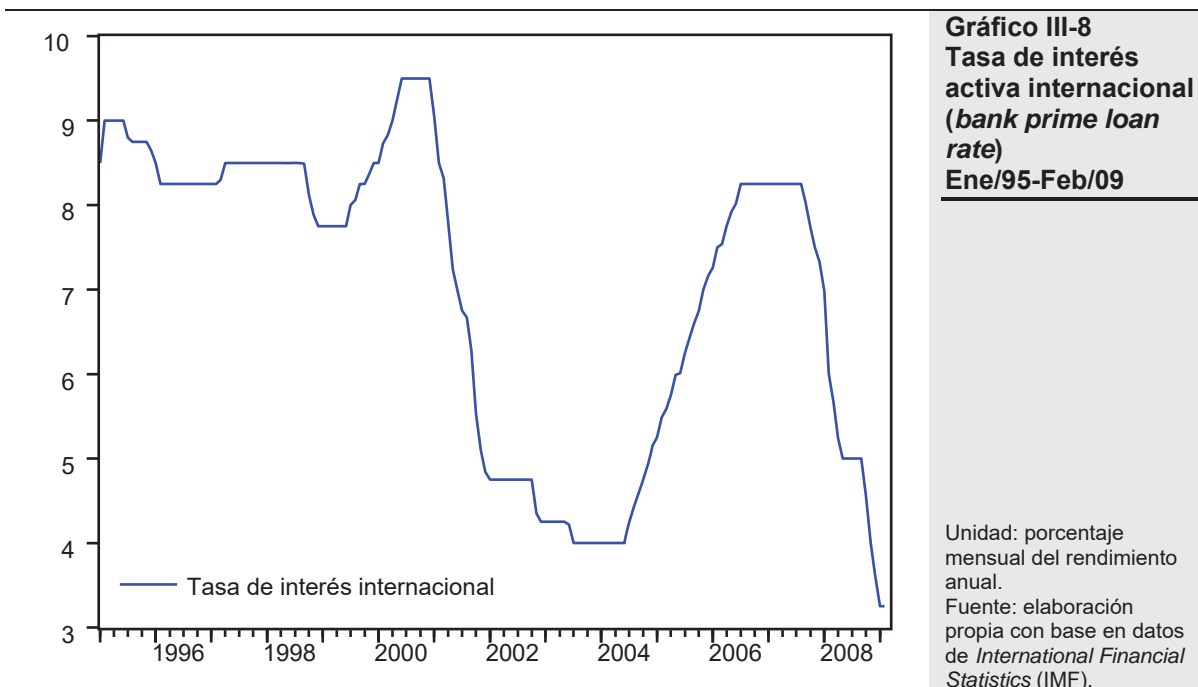


2.2.2. TASA DE INTERÉS INTERNACIONAL

Al igual que con la tasa de interés nacional, para calcular la probabilidad de riesgo de interés, se considerará la tasa de interés activa (*bank prime loan rate*) en Estados Unidos con datos del IFS, considerando el promedio mensual del rendimiento anual. Para obtener su pronóstico se seguirán los mismos pasos que con las variables anteriores.

Se realizan las pruebas de raíces unitarias, haciéndose la serie estacionaria en la primera diferencia del logaritmo de la serie (cuadro A-17), por lo que se trabajará con tal variación para la especificación del modelo (cuadro III-3), el cuál consiste en una constante,

un proceso AR(1) y un MA(36), así como un proceso ARCH de orden 1 y dos procesos GARCH de orden 3 y 4. Con dicho modelo se obtiene una R^2 ajustada de 66.87%.



Cuadro III-3
Especificación del modelo ARIMA para D(D(LOG(TII)))

Variable Dependiente : D(LOG(TII))
Método: Mínimos Cuadrados - ARCH
Muestra (ajustada): 2000M01 2009M02
MA backcast: 1997M01 1999M12 Backcast de la Varianza: activado

	Coefficiente	Error est.	Estadístico z	Prob.
C	-0.00028	0.00637	-0.04372	0.96510
AR(1)	0.77344	0.04623	16.73026	0.00000
MA(36)	-0.76651	0.01863	-41.15016	0.00000
Ecuación de la Varianza				
C	0.00011	0.00006	2.01347	0.04410
RESID(-1)^2	0.25237	0.08405	3.00267	0.00270
GARCH(-1)	-0.30200	0.16526	-1.82747	0.06760
GARCH(-2)	-0.18638	0.11479	-1.62368	0.10440
GARCH(-3)	0.41940	0.11385	3.68370	0.00020
GARCH(-4)	0.58961	0.12617	4.67309	0.00000
R ²	0.69299	Var. dependiente promedio		-0.00874
R ² ajustada	0.66867	S.D. variable dependiente		0.03911
Desv. Est. De la regresión	0.02251	Criterio Akaike info		-5.02781
Suma de los residuos al cuadrado	0.05119	Criterio Shwarz		-4.80686
Log de la verosimilitud	285.529	Estadístico Durbin-Watson		28.4974
Durbin-Watson stat	2.00379	Prob. (Estadístico-F)		0.00000
Raíces invertidas AR	0.77			
Raíces invertidas MA	0.99	.93+.35i	.93-.35i	.78-.62i
	0.99	.98-.17i	.98+.17i	.93+.34i
		.93-.34i	.86-.50i	.76-.64i
		.76+.64i	.64-.76i	.50-.86i
		.50+.86i	.34+.93i	.17-.98i
		.17+.98i	-.00-.99i	-.17+.98i
		-.17-.98i	-.34-.93i	-.50+.86i
		-.50-.86i	-.64+.76i	-.76-.64i
		-.76+.64i	-.86-.50i	-.93-.34i
		-.93+.34i	-.98+.17i	-.99

Elaboración propia.

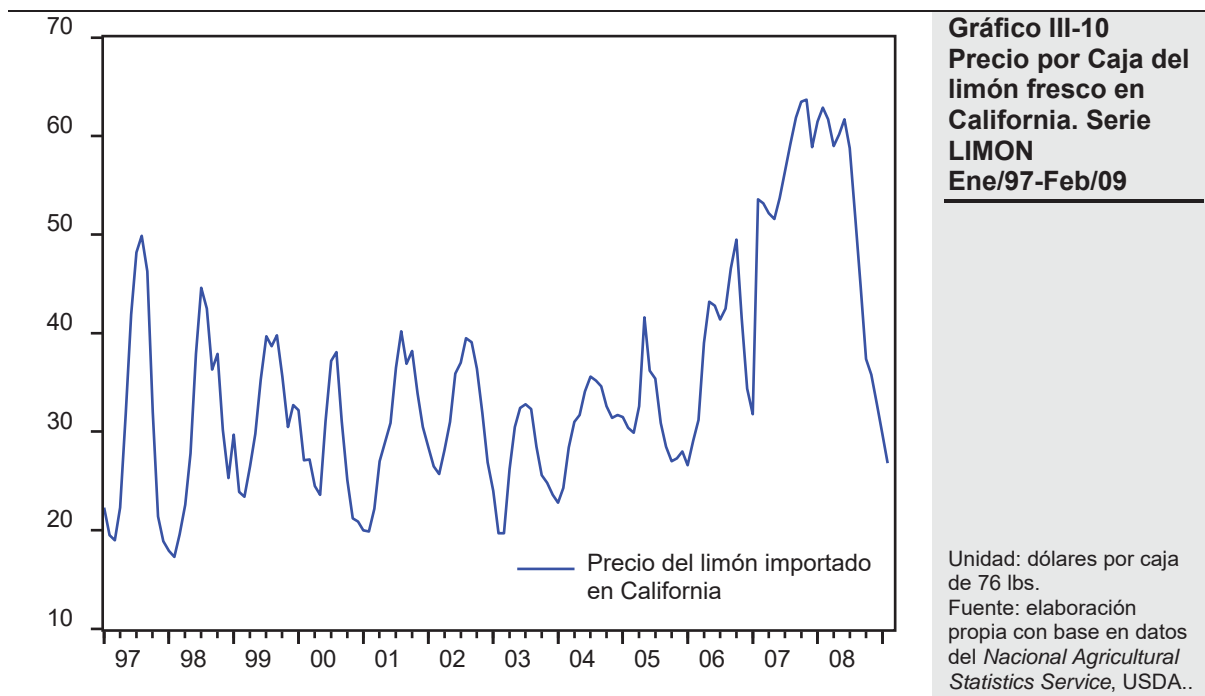
Evaluado el modelo y habiendo pasado las pruebas de no autocorrelación (cuadros A-18 y A-19 del apéndice), normalidad (gráfico A-3), no heterocedasticidad (cuadro A-20) y la evaluación de bondad (cuadro A-21), se calcula el pronóstico cuyo ajuste se muestra en el gráfico III-9 arrojando los siguientes resultados:

- Pronóstico de la media: 3.2948 %
- Desviación estándar: 0.1776%
- Valor mínimo esperado: 2.9395%
- Valor máximo esperado: 3.6501%

2.3. PRONÓSTICO DE LOS PRECIOS AGRÍCOLAS

2.3.1. PRONÓSTICO DE LOS PRECIOS EXPORTACIÓN

Como precio de un producto de exportación, se utilizará el del limón fresco, considerando el precio promedio mensual del mismo para el estado de California (suponiendo que es el lugar destino de exportación) obtenido del Servicio Nacional de Estadísticas de Agricultura (NASS por sus siglas en inglés *National Agricultural Statistics Service*) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*).



El gráfico III-10 muestra el comportamiento de los precios por caja del limón fresco, cuyos datos se presentan en el apéndice (cuadro A-22). Puede apreciarse claramente que la serie presenta comportamientos cíclicos anuales observables en el gráfico hasta el año 2007, cuando se presenta un salto que modifica el comportamiento del precio, ello a raíz de la crisis alimentaria que afectó a los precios del limón, situación por la cual, hubo de utilizarse una variable dicotómica ubicando la distorsión en el mes de febrero de 2007.

Después de realizar las pruebas de los correlogramas, se obtuvo el modelo que se muestra en el cuadro III-4 consistente en una variable dicotómica (DUM), dos procesos AR de orden 29 y 36, un proceso MA(1), un MA(3) estacional y procesos ARCH de orden 1, 2

y 3 así como un proceso GARCH de orden 1. Habiendo pasado las pruebas requeridas (cuadros A-25, al A-28 y gráfico A-4 del apéndice) se procede al pronóstico de la variable.

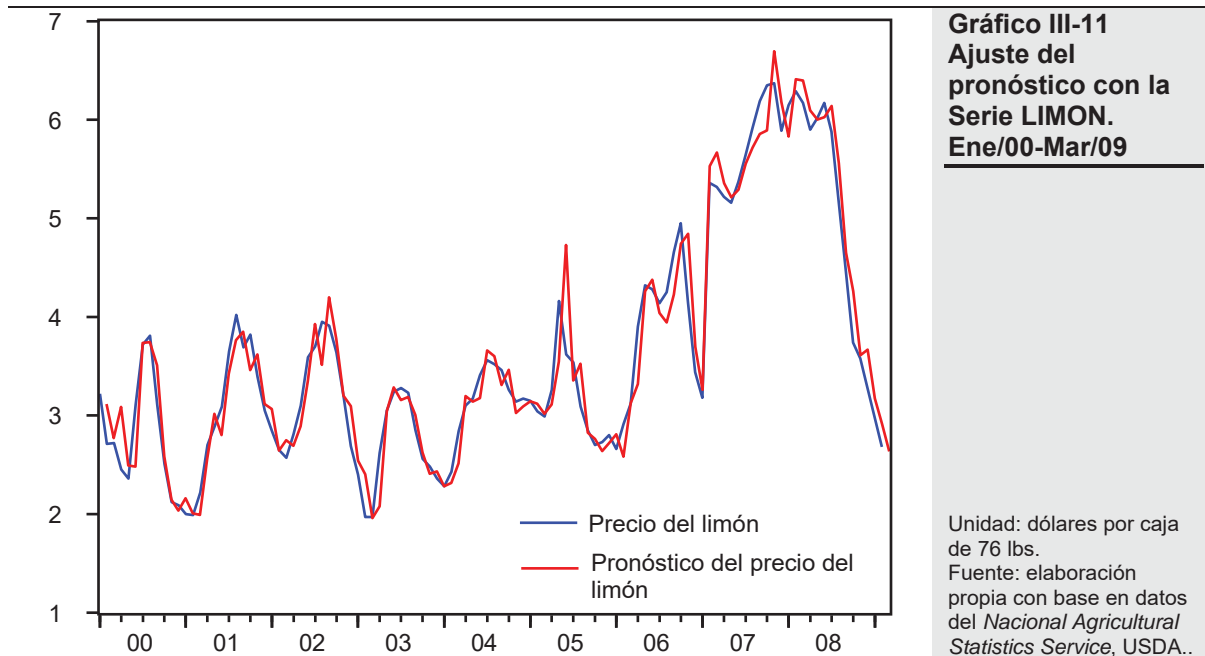
Cuadro III-4
Especificación del modelo SARISMA para D(LOG(LIMON))

Variable Dependiente : D(LOG(LIMON))				
Método: Mínimos Cuadrados - ARCH				
Muestra (ajustada): 2000M02 2009M02				
MA backcast: 1999M10 2000M01 Backcast de la Varianza: activado				
	Coeficiente	Error est.	Estadístico z	Prob.
DUM	0.52112	0.05965	8.73633	0.00000
AR(29)	-0.24663	0.06807	-3.62344	0.00030
AR(36)	0.16071	0.05324	3.01863	0.00250
MA(1)	0.45035	0.06153	7.31868	0.00000
SMA(3)	-0.21372	0.08191	-2.60934	0.00910
Ecuación de la Varianza				
C	0.00058	0.00015	3.78957	0.00020
RESID(-1)^2	-0.06726	0.01753	-3.83584	0.00010
RESID(-2)^2	0.25393	0.11557	2.19727	0.02800
RESID(-3)^2	-0.26048	0.11606	-2.24434	0.02480
GARCH(-1)	0.97360	0.03134	31.06717	0.00000
R ²	0.513420	Var. dependiente promedio	-0.001684	
R ² ajustada	0.469185	S.D. variable dependiente	0.114753	
Desv. Est. De la regresión	0.083606	Criterio Akaike info	-2.308483	
Suma de los residuos al cuadrado	0.692001	Criterio Shwarz	-2.061571	
Log de la verosimilitud	135.8123	Estadístico Durbin-Watson	1.974213	
Raíces invertidas AR	.94-.14i	.94+.14i	.92-.32i	.92+.32i
	0.91	.84+.49i	.84-.49i	.71+.64i
	.71-.64i	.58-.70i	.58+.70i	.50+.80i
	.50-.80i	.34-.91i	.34+.91i	.16-.96i
	.16+.96i	-.03+.96i	-.03-.96i	-.18-.90i
	-.18+.90i	-.29+.89i	-.29-.89i	-.47+.85i
	-.47-.85i	-.63+.74i	-.63-.74i	-.75+.60i
	-.75-.60i	-.81+.44i	-.81-.44i	-.86-.35i
	-.86+.35i	-.95+.19i	-.95-.19i	-0.97
Raíces invertidas MA	0.6	-.30+.52i	-.30-.52i	-0.45
Elaboración propia				

Con éste modelo se obtiene un ajuste del 46.91% que se puede observar en el gráfico III-11 así como el pronóstico de la variable para el mes de marzo de 2009 con los siguientes valores:

- Pronóstico de la media: \$ 26.3538
- Desviación estándar: 2.2757
- Valor mínimo esperado: 21.8024

- Valor máximo esperado: 30.9053



2.3.2. PRONÓSTICO DE LOS PRECIOS DE IMPORTACIÓN

Como ejemplo de la determinación de la probabilidad de riesgo por la volatilidad de los precios agrícolas de importación, se considerarán los precios de la manzana *golden* de primera calidad, con base en los datos obtenidos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados de la Secretaría de Economía en México, los cuales pueden ser consultados en el apéndice (cuadro A-29) y cuyo comportamiento se presenta en el gráfico III-12.

Tal como se hizo con las anteriores variables, se realizaron las pruebas de raíces unitarias, haciéndose la serie estacionaria en la primera diferencia del logaritmo de la serie (cuadro A-31), por lo que se trabajó con tal variación para la especificación del modelo (cuadro III-5), el cuál consiste en una constante, dos procesos AR de orden 2 y 1, un proceso SAR(7) y un MA(16), así como dos procesos GARCH de orden 1 y 2. Con dicho modelo se obtiene una R^2 ajustada de 50.22%.



Gráfico III-12
Precio de la manzana golden importada. Serie MANZANA
Ene/03-Feb/09

Unidad: pesos por caja (20Kg).
 Fuente: elaboración propia con base en datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, SE.

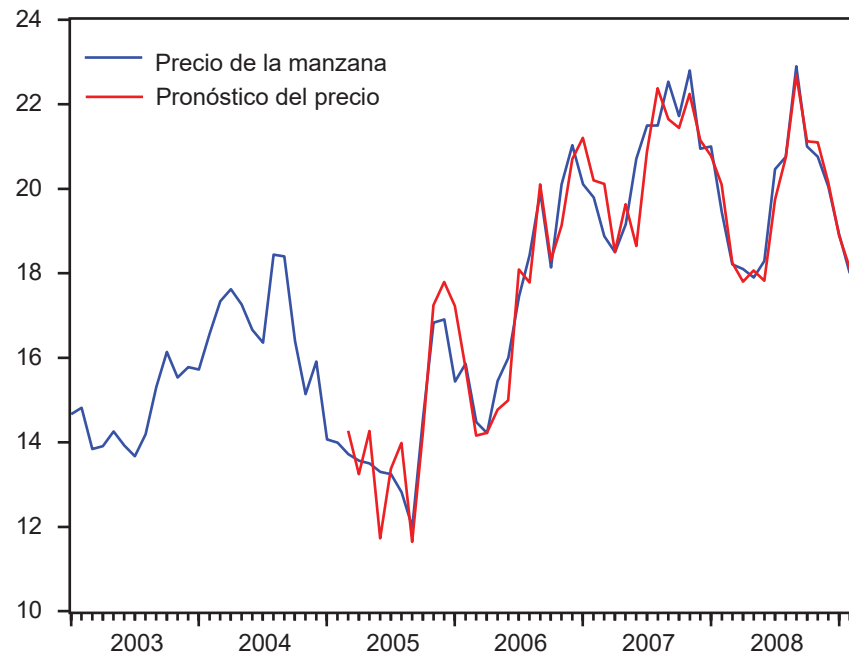


Gráfico III-13
Ajuste del pronóstico con la Serie MANZANA.
Ene/03-Mar/09

Unidad: pesos por caja (20Kg).
 Fuente: elaboración propia con base en datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, SE.

Evaluado el modelo y habiendo pasado las pruebas de no autocorrelación (cuadros A-32 y A-33 del apéndice), normalidad (gráfico A-5), no heterocedasticidad (cuadro

A-34) y la evaluación de bondad (cuadro A-35), se calcula el pronóstico cuyo ajuste se muestra en el gráfico III-13 arrojando los siguientes resultados:

- Pronóstico de la media: \$ 16.9204
- Desviación estándar: 1.1060
- Valor mínimo esperado: 14.7085
- Valor máximo esperado: 19.1324

Cuadro III-5
Especificación del modelo SARISMA para D(LOG(MANZANA))

Variable Dependiente : D(LOG(MANZANA))

Método: Mínimos Cuadrados - ARCH (Marquardt) - Distribución Normal

Muestra (ajustada): 2005M03 2009M02

MA backcast: 2003M11 2005M02 Backcast de la Varianza: activado

	Coefficiente	Error est.	Estadístico z	Prob.
C	-0.00015	0.00502	-0.02926	0.97670
AR(18)	-0.28608	0.11491	-2.48957	0.01280
AR(2)	0.44024	0.09779	4.50178	0.00000
SAR(7)	-0.15163	0.08494	-1.78513	0.07420
MA(16)	-0.94521	0.01780	-53.09447	0.00000
Ecuación de la Varianza				
C	0.00211	0.00049	4.33213	0.00000
GARCH(-1)	0.96430	0.01089	88.52733	0.00000
GARCH(-2)	-1.01769	0.02106	-48.32794	0.00000
R ²	0.57636	Var. dependiente promedio		0.00525
R ² ajustada	0.50222	S.D. variable dependiente		0.06550
Desv. Est. De la regresión	0.04621	Criterio Akaike info		-3.41496
Suma de los residuos al cuadrado	0.08542	Criterio Shwarz		-3.10309
Log de la verosimilitud	89.95905	Estadístico Durbin-Watson		7.77418
Durbin-Watson stat	2.13028	Prob. (Estadístico-F)		0.00001
Raíces invertidas AR	.95-.15i .69+.33i .32-.85i .00-.91i -.48-.60i -0.76 -.95+.15i	.95+.15i .69-.33i .32+.85i .00+.91i -.48+.60i -.83-.45i	.83-.45i .61-.69i .17+.74i -.32+.85i -.61+.69i -.83+.45i	.83+.45i .61+.69i .17-.74i -.32-.85i -.61-.69i -.95-.15i
Raíces invertidas MA	1 .70-.70i .00+1.00i -.70+.70i	.92-.38i .38+.92i -.38+.92i -.92-.38i	.92+.38i .38-.92i -.38-.92i -.92+.38i	.70-.70i .00-1.00i -.70-.70i -1

Elaboración propia

3. Aplicación del Pronóstico al Modelo de Probabilidad

Como resultado de los pronósticos de las variables de riesgo, se obtiene una media pronosticada y una desviación estándar para el mes pronosticado (en este caso, marzo de 2009), agrupando los resultados de las cinco variables puede construirse el siguiente cuadro:

Cuadro III-6				
Pronósticos de las variables de riesgo para Marzo de 2009				
Variable	Pronóstico de la media	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Tipo de cambio	14.7695	0.1386	14.4923	15.0467
Tasa de interés nacional	09.9158	0.5713	08.7732	11.0585
Tasa de interés internacional	03.2948	0.1776	02.9395	03.6501
Precio de Exportación del limón	26.3538	2.2757	21.8024	30.9053
Precio de Importación de la Manzana	16.9204	1.1060	14.7085	19.1324
Elaboración propia				

Los pronósticos de la media y la desviación estándar permitirán utilizar la fórmula de estandarización de la distribución normal Z (38) y calcular una probabilidad de riesgo de cada una de las variables, puesto que ya se cuenta con los elementos necesarios para emplearla:

$$Z = \frac{X - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (38)$$

$X = P^*$, es decir, precio esperado por la empresa, o precio de equilibrio, el cuál será determinado de manera individual de acuerdo a las condiciones y necesidades del empresario.

$\hat{\mu}$ = valor pronosticado de la media

$\hat{\sigma}$ = valor pronosticado de la desviación estándar

Teniendo dichos valores, se procederá a establecer escenarios de probabilidad de riesgo, suponiendo que la empresa ha determinado sus precios de equilibrio y empleando datos reales de una empresa importadora y exportadora de productos agrícolas para generar un índice global de riesgo de comercio exterior para la misma.

3.1. ESCENARIOS DE DETERMINACIÓN DE PROBABILIDAD DE RIESGO

Para mostrar la utilidad de los pronósticos en la determinación de las probabilidades de riesgo, en los puntos siguientes se analizarán varios escenarios en los que se emplearán los pronósticos ya realizados; para éste estudio se considerará una empresa comercializadora de productos agrícolas que exporta limón al estado de California e importa manzana *golden* al estado de Michoacán; daremos por supuesto que es una empresa que tiene bien establecidos sus precios de equilibrio de exportación e importación y que está sujeta a las variaciones tanto del tipo de cambio como de la tasa de interés nacional y extranjera puesto que tiene pasivos en moneda nacional y extranjera.

3.1.1. RIESGO CAMBIARIO

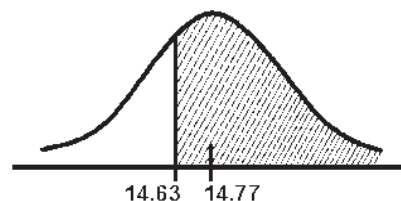
Como primer caso, se estudiará la probabilidad de riesgo del tipo de cambio. Este tipo de riesgo tiene incidencia sobre la empresa siempre y cuando tenga pasivos y/o activos en moneda extranjera, lo cual es común en nuestro país, dada la estabilidad de las tasas de interés en los Estados Unidos principalmente, de manera que para este caso, consideraremos que en el mes de febrero, la empresa desea conocer el riesgo que existe ante un aumento del tipo de cambio para el mes de marzo; si en febrero el tipo de cambio es igual a \$14.6361 pesos por dólar, precio que se considerará como precio de equilibrio.

Para conocer la probabilidad de que el valor del tipo de cambio en el mes de marzo se dé por encima de su valor en el mes de febrero, se realizará el siguiente diagrama de datos extrayéndolos del cuadro III-6:

$$P^* = 14.6361$$

$$\hat{\mu} = 14.7695$$

$$\hat{\sigma} = 0.1386$$



Se considera una distribución normal debido a que el modelo pasa la prueba de normalidad de los residuos (prueba de Jarque-Bera), lo que permite asumir dicha distribución para el cálculo de probabilidad de riesgo. El área sombreada representa el

riesgo de un alza del precio del dólar al tener pasivos en dicha moneda. A la izquierda del diagrama anterior se observan los datos P^* , es decir, el precio de equilibrio del tipo de cambio para la empresa o precio preferido (dato de la izquierda en el diagrama), $\hat{\mu}$ que es la media pronosticada (el dato del centro del diagrama) y, $\hat{\sigma}$ que es la desviación estándar pronosticada. Obtenidos estos datos, es posible utilizar entonces la fórmula de estandarización de la distribución normal Z , obteniendo así el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{P^* - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \\ &= \frac{14.6361 - 14.7695}{0.1386} \\ &= -0.9625 \end{aligned}$$

de la tabla de distribución estándar Z (cuadro A-36 del apéndice), se obtiene el valor a para 0.9625^{14} (que es el área por encima de 14.63 y debajo del 14.77 del diagrama):

$$a = 0.3315$$

de manera que la probabilidad (p) de que el tipo de cambio sea por encima del precio actual es:

$$\begin{aligned} p(P > P^*) &= 0.5 + 0.3315 = 0.8315 \\ p(P > P^*) &= 83.15\% \end{aligned}$$

Así, la probabilidad de riesgo ante un alza del dólar es de 83.15%, no obstante, debe recordarse que las empresas importadoras y exportadoras no solo cuentan con pasivos en moneda extranjera, sino que también con activos, que pueden ser mercancías, dinero, inversiones, etc. para los cuales también se ven afectados por los movimientos del tipo de cambio, en este caso a la baja, puesto que una disminución en el valor del tipo de cambio, necesariamente reduce el valor de estos activos. En este caso, suponemos nuevamente que P^* es el mismo que para los pasivos, solo que esta vez se buscará el área por debajo de \$14.63, para lo cuál se puede realizar una operación sencilla que nos indique cuál es la probabilidad de que el tipo de cambio disminuya en el mes de marzo de 2009:

¹⁴ Se utiliza el valor absoluto debido a que la distribución normal se considera simétrica, los valores debajo del área son los mismos para números positivos y negativos, es decir, a la derecha o a la izquierda de la media.

$$p(P < P^*) = 1 - p(P > P^*) = 1 - 0.8315$$

$$p(P < P^*) = 16.85\%$$

De esta manera se cuenta ya con una probabilidad para ambos tipos de riesgo, la cual se utilizará más adelante con sus respectivas ponderaciones para el caso aplicado.

3.1.2. RIESGO DE INTERÉS NACIONAL

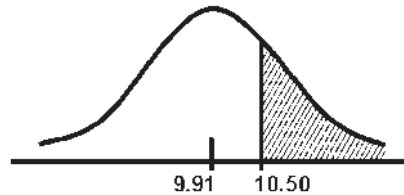
En el mismo sentido, se realiza también el cálculo de probabilidad de la tasa de interés nacional. Supongamos ahora que la empresa sujeta al riesgo mantiene pasivos a una tasa de interés variable, y en el mes de febrero de 2009 desea conocer la probabilidad de que para marzo, su tasa de interés sea mayor al 10.50%.

Teniendo los datos necesarios se procede a realizar el cálculo:

$$P^* = 10.5000$$

$$\hat{\mu} = 9.9158$$

$$\hat{\sigma} = 0.5713$$



$$Z = \frac{P^* - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}$$

$$= \frac{10.5 - 9.9158}{0.5713}$$

$$= 1.0225$$

de la tabla de distribución estándar Z (cuadro A-36), se obtiene el valor a para 1.0225:

$$a = 0.3461$$

así, la probabilidad (p) de que la tasa de interés nacional sea por encima de la tasa de interés actual (P^*) será:

$$p(P > P^*) = 0.5 - 0.3461 = 0.1539$$

$$p(P > P^*) = 15.39\%$$

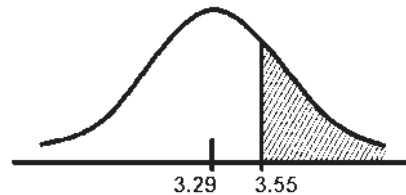
3.1.3. RIESGO DE INTERÉS INTERNACIONAL

De igual manera, se realiza el cálculo de probabilidad de riesgo de la tasa de interés internacional. Si la empresa se encuentra sujeta a una tasa de interés variable, y en diciembre desea conocer la probabilidad de que para enero esté sujeta a una tasa de interés mayor al 3.55%:

$$P^* = 3.5500$$

$$\hat{\mu} = 3.2948$$

$$\hat{\sigma} = 0.1776$$



$$\begin{aligned} Z &= \frac{P^* - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \\ &= \frac{3.55 - 3.2948}{0.1776} \\ &= 1.4363 \end{aligned}$$

de la tabla de distribución estándar Z (cuadro A-36), se obtiene el valor a para 1.4363:

$$a = 0.4251$$

así, la probabilidad (p) de que la tasa sea por encima de la tasa deseada (P^*) será:

$$p(P > P^*) = 0.5 - 0.4251 = 0.0749$$

$$p(P > P^*) = 7.49\%$$

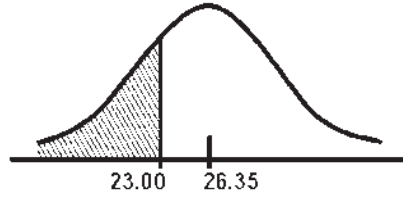
3.1.4. RIESGO DE PRECIO DE EXPORTACIÓN

Para estudiar la utilización de los pronósticos en la determinación de probabilidades de riesgo de precio, supóngase ahora que la empresa que exporta limón fresco a California ya ha establecido su precio de equilibrio en 25 dólares por caja (76 lbs.), y desea conocer la probabilidad de que el precio caiga por debajo de dicho precio para el mes de enero de 2009.

$$P^* = 23.00$$

$$\hat{\mu} = 26.3538$$

$$\hat{\sigma} = 2.2757$$



$$Z = \frac{P^* - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}$$

$$= \frac{23 - 26.3538}{2.2757}$$

$$= -1.4738$$

de la tabla de distribución estándar Z (cuadro A-36), se obtiene el valor a para 1.4738:

$$a = 0.4292$$

de manera que la probabilidad (p) de que el precio del limón en California caiga por debajo del precio de equilibrio es:

$$p(P < P^*) = 0.5 - 0.4292 = 0.0708$$

$$p(P < P^*) = 7.08\%$$

3.1.5. RIESGO DE PRECIO DE IMPORTACIÓN

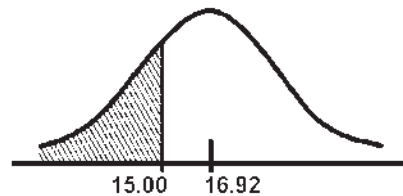
Otro caso de riesgo de precio lo encontramos en la importación: suponiendo que nuestra empresa importa manzana *golden* de primera calidad a la ciudad de Morelia y que ha establecido un precio esperado $P^* = 15.00$ pesos para el mes de enero y se desea conocer la probabilidad de que el precio de la manzana caiga por debajo de P^* .

Se obtiene la media pronosticada y la desviación estándar pronosticada del cuadro III-6, graficando el problema, se tiene:

$$P^* = 15.0000$$

$$\hat{\mu} = 16.9204$$

$$\hat{\sigma} = 1.1060$$



$$\begin{aligned}
Z &= \frac{P^* - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \\
&= \frac{15 - 16.9204}{1.1060} \\
&= -1.7364
\end{aligned}$$

de la tabla de distribución de probabilidades estándar Z (cuadro A-36), se obtiene el valor a para 1.7364:

$$a = 0.4591$$

de manera que la probabilidad (p) de que el precio de la manzana importada en Michoacán caiga por debajo del precio esperado es:

$$\begin{aligned}
p(P < P^*) &= 0.5 - 0.4591 = 0.0409 \\
p(P < P^*) &= 4.09\%
\end{aligned}$$

4. Índice de Riesgo de Comercio Exterior

Habiendo calculado las probabilidades de riesgo, se propone un índice general de riesgo para la empresa comercializadora, en el que se incluye el riesgo por volatilidad de las variables, el cuál será ponderado por la proporción que éstas constituyen de la inversión total de la empresa, lo que permitirá determinar un índice general de riesgo derivado del comercio exterior; el nivel de riesgo dependerá por tanto de la volatilidad de las variables así como de la proporción de éstas en la empresa.

Así, se propone un índice general de riesgo de comercio exterior ponderado para las empresas comercializadoras:

$$\rho = p(\nabla P_f) \left(\frac{I_f}{A_{total}} \right) + p(\Delta i_{mn}) \left(\frac{Pas_{mn}}{A_{total}} \right) + p(\Delta i_{me}) \left(\frac{Pas_{me}}{A_{total}} \right) + \begin{cases} p(\Delta tc) \left(\frac{Pas_{me} - A_{me}}{A_{total}} \right) & \text{si } (Pas_{me} > A_{me}) \\ p(\nabla tc) \left(\frac{A_{me} - Pas_{me}}{A_{total}} \right) & \text{si } (Pas_{me} < A_{me}) \end{cases} \quad (39)$$

donde:

ρ = índice de riesgo de comercio exterior.

$p(\nabla P_f)$ = probabilidad de que el precio del producto agrícola f caiga por debajo del precio esperado.

I_f = cantidad de producto f en inventario expresada en términos monetarios.

A_{total} = activo total o inversión total en la empresa (pasivo + capital).

$p(\Delta i_{mn})$ = probabilidad de que la tasa de interés nacional aumente más allá del nivel esperado.

Pas_{mn} = total de pasivos en moneda nacional.

$p(\Delta i_{me})$ = probabilidad de que la tasa de interés internacional aumente más allá del nivel esperado.

Pas_{me} = total de pasivos en moneda extranjera.

$p(\Delta tc)$ = probabilidad de que el tipo de cambio se incremente.

$p(\nabla tc)$ = probabilidad de que el tipo de cambio disminuya su valor.

A_{me} = activos en moneda extranjera.

Como se observa, el índice incluye las variables precio, tipo de cambio y tasas de interés, para poder obtener un índice global de riesgo de la empresa debieron considerarse los incrementos y disminuciones en el tipo de cambio, de ahí que solo se considere el excedente de los pasivos respecto a los activos en moneda extranjera o viceversa, según sea el caso. Lo anterior debido a que si se incrementa el tipo de cambio, necesariamente el riesgo por disminución de valor de activos en moneda extranjera se elimina y viceversa, de esta manera, se elimina la duplicidad de probabilidades de riesgo, por ello que la fórmula incluya una condicionante que determinará su aplicación dependiendo de los niveles de pasivos respecto a los activos en moneda extranjera.

Puede contemplarse también que el índice ha sido ponderado con varias razones financieras, con la finalidad de que sea lo más preciso posible con respecto a la situación general de la empresa; así, el índice general de riesgo ρ determinará la suma de

probabilidades ponderadas de que ocurran resultados no preferidos derivados del comercio exterior en relación a la situación financiera total de la empresa a una fecha determinada.

4.1. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO

Para la aplicación del índice general de riesgo, consideraremos que el gestor de riesgo de la empresa comercializadora de limón y manzana desea conocer su probabilidad de riesgo ponderado considerando los valores puestos en los puntos anteriores. De esta manera se elabora un cuadro de datos y probabilidades de riesgo de acuerdo al procedimiento explicado en los puntos anteriores para después proceder a la utilización del índice (cuadro III-7).

Cuadro III-7 Probabilidades de Riesgo	
Variable	Probabilidad de riesgo
Precio de la caja de manzana en Mich. (20 kg.)	$p(P < P^*) = 4.09\%$
Precio de la caja de limón en California (76 lbs.)	$p(P < P^*) = 7.08\%$
Tasa de interés nacional	$p(P > P^*) = 15.39\%$
Tasa de interés extranjera	$p(P > P^*) = 7.49\%$
Tipo de cambio	$p(P > P^*) = 83.15\%$ $p(P < P^*) = 16.85\%$
Elaboración propia	

Para poder determinar el índice de riesgo de la empresa, es necesario que las razones financieras ponderen las probabilidades anteriores, para lo cual se tienen las proporciones que se muestran en el cuadro III-8.¹⁵

¹⁵ Cabe mencionar que los datos utilizados para realizar el análisis se basan en la situación financiera de la empresa “Sociedad Anónima Importadora y Exportadora” (Balance Consolidado de Fusión al 30 de junio de 2005) cuyo giro es principalmente la exportación e importación de productos agropecuarios, por lo cual servirá como referencia para mostrar un panorama general de la situación de una comercializadora.

**Cuadro III-8
Ponderadores del Índice de Riesgo**

Razón Financiera		Proporción
$\left(\frac{I_M}{A_{total}}\right)$	Inventario (manzana) sobre inversión total	7.28%
$\left(\frac{I_L}{A_{total}}\right)$	Inventario (limón) sobre inversión total	10.92%
$\left(\frac{Pas_{mn}}{A_{total}}\right)$	Pasivos en moneda nacional sobre inversión total	26.36%
$\left(\frac{Pas_{me}}{A_{total}}\right)$	Pasivos en moneda extranjera sobre inversión total	9.13%
$\left(\frac{A_{me} - Pas_{me}}{A_{total}}\right)$	Activos menos pasivos en moneda extranjera sobre inversión total	6.01%
Elaboración propia		

Con las ponderaciones, y las probabilidades de riesgo se puede obtener el índice de riesgo de comercio exterior aplicando la fórmula (39):

$$\rho = p(\nabla P_M) \left(\frac{I_M}{A_{total}}\right) + p(\nabla P_L) \left(\frac{I_L}{A_{total}}\right) + p(\Delta i_n) \left(\frac{Pas_n}{A_{total}}\right) + p(\Delta i_{ic}) \left(\frac{Pas_{ic}}{A_{total}}\right) + p(\nabla tc) \left(\frac{A_{ic} - Pas_{ic}}{A_{total}}\right)$$

$$\rho = 0.0409(0.0728) + 0.0708(0.1092) + 0.1539(0.2636) + 0.0749(0.0913) + 0.1685(0.0601)$$

$$\rho = 0.0030 + 0.0077 + 0.0406 + 0.0068 + 0.0101 = 0.0682$$

$$\rho = 6.82\%$$

**Cuadro III-9
Probabilidades de Riesgo Ponderadas**

Variable	Probabilidad de riesgo ponderada
Probabilidad de riesgo de disminución en el valor de inventario de manzana importada respecto al activo total.	0.30%
Probabilidad de riesgo de disminución en el valor de inventario de limón de exportación respecto al activo total.	0.77%
Probabilidad de riesgo por incremento en la tasa de interés nacional con respecto al pasivo en moneda nacional.	4.06%
Probabilidad de riesgo por incremento en la tasa de interés extranjera con respecto al pasivo en moneda extranjera	0.68%
Probabilidad de riesgo de disminución del valor de los activos por disminución en el tipo de cambio*	1.01%
<i>Probabilidad de obtener resultados no deseados ante movimientos adversos de las variables de comercio exterior respecto a la situación financiera de la empresa</i>	6.82%

Elaboración propia

* En éste caso, la empresa cuenta con más activos que pasivos en moneda extranjera, por lo que solo se incluye el riesgo del la resta del activo menos el pasivo en M.E.

El cuadro III-9 presenta un resumen de las probabilidades de riesgo ponderadas de todas las variables, así como el resultado general del índice, para analizar posteriormente cada uno de los resultados.

4.2. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RIESGO

Como puede apreciarse en los resultados del índice de riesgo del caso aplicado, la empresa tiene un riesgo de precio relativamente alto, si se considera un criterio discrecional del 5%. El mayor riesgo se presenta en el caso del financiamiento nacional puesto que el riesgo por incremento en la tasa de interés nacional es de poco más de un 4% aún cuando ha sido ponderado con el activo total de la empresa, lo cual es preocupante.

La segunda variables más riesgosa es ocupado por el tipo de cambio, que, aunque lejos del riesgo de interés nacional, arroja un 1.01% ya ponderado con el activo total. Es necesario hacer notar que en el caso de ésta empresa se cuenta con más activos que pasivos en moneda extranjera, por lo que el riesgo es por pérdida de valor de los bienes puesto que se subsana la pérdida por incrementos en las deudas, de manera que los activos en moneda extranjera funcionan en este caso como una especie de protección ante los movimientos adversos en el tipo de cambio.

Por su parte, los riesgos de precio no representan riesgos significativos de manera individual, ya que la probabilidad de disminución de precios de ambos es bastante baja, no obstante, juntos llegan a representar ya un 1% en total cuando ya han sido ponderados, por lo cual no debe dejar de prestarse atención a estos movimientos; mismo caso del riesgo de interés internacional cuyo riesgo es también menor al 1%.

Finalmente, el índice general de riesgo, compuesto por la suma de los anteriores, arroja un resultado de 6.82%, con lo cual se puede sostener que una empresa con tales condiciones ya presenta problemas significativos¹⁶ de riesgo aunque hay que prestar atención al nivel de financiamiento en moneda nacional, que es la variable más riesgosa después del tipo de cambio y que impacta en casi un 60% del total del índice .

¹⁶ Considerando el criterio discrecional de 5% como riesgo máximo deseable.

4.2.1. RIESGO MÁXIMO SOPORTADO

La empresa debe analizar y determinar cuál es el riesgo máximo que está dispuesta a asumir para así tomar decisiones con base en ello y a los niveles de riesgo obtenidos. Como criterio discrecional se ha considerado un riesgo máximo de comercio exterior de 5%, es decir, un promedio de 1% por cada variable (Precio de importación, de exportación, tasas de interés nacional e internacional y tipo de cambio). El índice de riesgo es útil para realizar una planeación financiera a corto plazo tomando en consideración los índices de riesgo, en especial en lo que se refiere a los niveles de financiamiento, que como se observa en el análisis, es donde existe un riesgo mayor. Considerando un 1% como riesgo máximo aceptado por cada variable, pueden establecerse los niveles de inventarios, de pasivos y activos deseables en términos monetarios para no sobrepasar al nivel máximo de riesgo soportable; dichos niveles se obtendrán dividiendo al límite de riesgo soportado (en este caso, 1%) por la probabilidad de riesgo (cuadro III-7):

$$\text{Nivel límite de activo/pasivo (\%)}_k = \frac{\text{Límite de riesgo soportado}_k}{\text{Probabilidad de riesgo}_k} \quad (40)$$

donde k representa a cualquiera de las cinco variables de riesgo.

Con la fórmula (40) es posible calcular los límites de los valores para cada variable, a los cuales la empresa no debe exceder si quiere mantener un nivel bajo de riesgo, así, por ejemplo, para el caso de la manzana, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Nivel límite de inventario manzana} &= \frac{0.01}{0.0409} \\ &= 0.2445 = 24.45\% \end{aligned}$$

lo cual significa que, dado los bajos niveles de riesgo que presenta la volatilidad de los precios de la manzana, la empresa tiene como límite de inventario de manzana hasta un 24.45% respecto al activo total para no incurrir en un riesgo mayor al 1% por la importación de dicho producto. A continuación se presenta un cuadro resumen con las probabilidades de riesgo, proporciones y límites que la empresa debe considerar para tener un índice de riesgo de comercio exterior igual o menor a un 5%:

Cuadro III-10
Cuadro Resumen de Probabilidades y Límites de Riesgo

Variable	% respecto al activo total	Probabilidad de Riesgo	% límite respecto Act. total
Inventario (manzana) sobre inversión total	15.14%	4.09%	24.45%
Inventario (limón) sobre inversión total	84.87%	7.08%	14.12%
Pasivos en moneda nacional sobre inversión total	7.28%	15.39%	6.50%
Pasivos en moneda extranjera sobre inversión total	10.92%	7.49%	13.35%
Activos menos pasivos en moneda extranjera sobre inversión total	6.01%	16.85%	5.94%
Pasivos menos activos en moneda extranjera sobre inversión total	0.00%	83.15%	1.20%
Elaboración propia			

Del cuadro anterior pueden concluirse varios aspectos y analizarse cada una de las variables de riesgo; para la toma de decisiones, habrá que centrar la atención sobretodo en la segunda y cuarta columna, ya que de su comparación se determinarán las acciones que la empresa puede tomar para reducir sus niveles de riesgo.

Si se requiriera conocer los límites de riesgo en términos monetarios, solo se tendría que multiplicar la proporción obtenida (40) por el activo total:

$$\text{Nivel límite de activo/pasivo } (\$)_k = \frac{\text{Límite de riesgo soportado}_k}{\text{Probabilidad de riesgo}_k} \times \text{Activo total} \quad (40)$$

4.2.2. ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RIESGO

Con el cálculo del índice de riesgo es posible establecer estrategias de reducción de los riesgos de comercio exterior, por ejemplo, en el caso de estudio se observa que el pasivo en moneda extranjera aparentemente no representa un riesgo demasiado alto -dadas las circunstancias actuales- cuando se trata del riesgo cambiario, que llega a 1.01% (cuadro III-9), no obstante, hay que hacer notar que esto se debe a que existen más activos que pasivos en moneda extranjera, lo cual neutraliza el efecto de riesgo de dichos pasivos. Si los pasivos llegaran a sobrepasar los límites de riesgo, es decir, que el pasivo se incrementara y hubiera más pasivos que activos en moneda extranjera y su diferencia fuera mayor a 1.20% de la inversión total, entonces se estaría sobrepasando de manera peligrosa

el límite establecido y, a menos que la empresa vea una oportunidad no contemplada dentro de las variables o se utilicen instrumentos de cobertura, deberá prestar atención a este elemento que puede llegar a ser el más riesgoso.

De esta manera se evidencia el peligro de tener pasivos en moneda extranjera con tasas de interés variables, que en este caso parecen ser inofensivas dentro del índice dado el aparente bajo riesgo que representa (0.68%), sin embargo, no hay que perder de vista al riesgo cambiario, del que depende de manera importante el riesgo financiero de la empresa, recordemos que la empresa tiene más activos que pasivos en moneda extranjera, lo cual disminuye de manera considerable el riesgo y puede considerarse como una especie de estrategia el mantener mayores activos que pasivos en dólares. Lo anterior no significa que la empresa deba tener siempre dólares depositados en bancos, sino que puede diversificar este riesgo manteniendo inversiones a largo plazo en dólares, manteniendo ciertos niveles de cuentas por cobrar o de créditos a clientes en moneda extranjera, puesto que seguramente los pasivos estarán también diversificados en proveedores y deudas bancarias.

En lo que al riesgo de precio se refiere, el hecho de que en el escenario planteado sean los de menor riesgo no significa que no sea necesario prestarles atención, hay que recordar que los precios de equilibrio o precios esperados por la empresa han sido fijados por la misma pues representan los precios a los que han comprado las mercancías más la utilidad esperada, esto quiere decir que son precios susceptibles de negociación por parte de la empresa, es decir, a diferencia de los riesgos cambiario y de interés, la empresa puede mejorar su índice de riesgo reduciéndolo con negociaciones de los precios con los proveedores si el riesgo general fuera demasiado alto debido al riesgo de precio de importación, por ejemplo.

Otro punto importante resulta ser el financiamiento en moneda nacional, el cual es el riesgo más representativo del índice con un 4.06%, si se considerara el criterio discrecional del 1%, el riesgo de precio estaría excediéndolo por mucho, de manera que pueden utilizarse los límites de riesgo (cuadro III-10) y prestar atención a esta variable, la cual con una pequeña disminución (reducir la deuda del 7.28% de la inversión total al 6.50%) reduciría considerablemente el nivel de riesgo.

Son varias las estrategias que pueden establecerse con el índice de riesgo y con el análisis de riesgo de las variables en particular con el método que se propone, lo cual

justifica plenamente la inversión de tiempo que puede implicar el cálculo de los pronósticos por series de tiempo.

4.2.3. EL ÍNDICE DE RIESGO Y LOS MECANISMOS DE PROTECCIÓN

Considerando que existen mecanismos de protección de riesgo, principalmente contratos a futuro y opciones, no se puede dejar de lado la idea de que éstos afectarían de alguna manera la aplicación del índice, de hecho, neutralizarían el riesgo, puesto que ya se sabe cual es el precio máximo que se pagaría por las operaciones con riesgo cambiario, se tendría sabido el precio mínimo al que se comprarían las importaciones o los precios mínimos que se pagarán por las exportaciones, por mencionar algunos ejemplos

No obstante lo anterior, en el caso de los contratos a futuro pueden agregarse los precios que han sido contratados en el índice y considerarlos como P^* de esta manera podríamos determinar el riesgo de que los precios sean por debajo o por encima de lo pactado, dependiendo de la variable, de manera que, aunque será una variable libre de incertidumbre, puesto que ya se conoce el precio pactado, se verá la probabilidad de que este pueda mejorar y ganar menos de lo que se esperaba, por ejemplo. De hecho, el análisis de riesgo de las variables podría utilizarse para fijar precios a futuro con muy aceptables niveles de confianza.

El caso de las opciones es similar pues reducen la incertidumbre pero bajo una prima, en éste caso, el precio pactado puede ser equivalente también a P^* pero con la diferencia de que si se agrega al índice de riesgo, éste indicará la probabilidad de perder la prima pagada y comprar o vender a un precio del que se obtengan mayores ganancias.

5. Eficacia de los Pronósticos de las Series de Tiempo

Para probar la eficiencia de los pronósticos, se realizó un comparativo de la media pronosticada con el valor real, como puede observarse en el cuadro III-11, los pronósticos fueron acertados considerando que ninguno salió de los límites mínimos ni máximos:

Cuadro III-11
Eficacia de los Pronósticos de las Variables para Marzo de 2009

	Pronóstico	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Valor Real*	Variación**
Tipo de cambio	14.7695	0.1386	14.4923	15.0467	14.71	0.40%
Tasa de interés nacional	09.9158	0.5713	08.7732	11.0585	09.35	6.05%
Tasa de interés internac.	03.2948	0.1776	02.9395	03.6501	03.25	1.38%
Precio del limón	26.3538	2.2757	21.8024	30.9053	22.00	19.79%
Precio de la Manzana	16.9204	1.1060	14.7085	19.1324	17.95	-5.74%

*Fuente: Banxico, IFS y SNIIM.
** Variación porcentual de la media pronosticada (columna "Pronóstico") con respecto al valor real de la variable.

El pronóstico del tipo de cambio fue el más acertado al variar tan solo en un 0.4%, seguido con la tasa de interés con un 1.38% de variación, los precios de la caja de manzana seguidos por la tasa de interés nacional varían en un -5.74% y 6.05% respectivamente, finalizando con el precio de la caja de limón, con un 19.79%, siendo el pronóstico más alejado que los demás, aunque cae dentro de los límites pronosticados, lo cual muestra la eficacia de la metodología Box-Jenkins para obtener pronósticos a corto plazo.

6. Ventajas y Limitaciones de la Metodología

Las ventajas de utilizar las series de tiempo en la medición del riesgo de comercio exterior son las siguientes:

- Se obtiene una media pronosticada con una desviación estándar que permite conocer a un nivel de confianza, los valores máximos y mínimos que adoptará la variable en cuestión.
- Se incorporan patrones que se han presentado a lo largo del tiempo que contribuyen a conocer de mejor manera el comportamiento que adoptará la variable.
- El índice de riesgo muestra una situación general de riesgo de la empresa ante movimientos adversos de todas las variables con relación a su situación financiera.
- La naturaleza misma de la metodología obliga a cumplir con los supuestos estadísticos a través de la modelación de los pronósticos, lo cual contribuye a no caer en los errores que se cometen al calificar riesgos sin verificación de los supuestos a los que muchas veces están sujetos los modelos de riesgo.

- Los componentes del índice pueden presentarse como una serie de datos en términos monetarios y no en términos estadísticos, lo cual puede hacer sencillo de entender para quienes no están familiarizados con dichos términos.
- Pueden obtenerse los niveles de riesgo a lo largo de un año y no solo de días, como es el caso del VaR.

Algunas limitaciones de emplear las series de tiempo en la medición de riesgo son:

- Requiere una mayor cantidad de tiempo que los métodos convencionales.
- Se tiene que emplear una considerable cantidad de datos al igual que en las otras metodologías.
- Es mucho efectiva solo a corto plazo (máximo a 1 año).
- El índice de riesgo es un promedio mensual dada la naturaleza de los datos obtenidos y no diario como algunas formas de medición de riesgo.
- Como cualquier otra metodología, es útil en condiciones normales, incapaz de pronosticar periodos de crisis, no obstante, funciona después de la coyuntura como sucedió en el caso de estudio.

CONCLUSIONES

A partir de la definición de riesgo como la probabilidad de resultados no preferidos, se propone un método de medición de riesgo con base en el análisis de series de tiempo, del cual se obtienen dos tipos de información: los patrones que se presentan a lo largo de las series (elementos estacionales, cíclicos y tendencias) y el comportamiento aleatorio de las mismas, sobre el que se determinarán las probabilidades de riesgo. El método de análisis series de tiempo de Box y Jenkins pronostica una media y una desviación estándar, con lo que es posible establecer valores mínimos y máximos que asumirá una variable en el futuro a cierto nivel de confianza, esto permite establecer probabilidades de riesgo cuando la empresa comercializadora en cuestión ha establecido sus precios de equilibrio y ganancias deseadas (P^*), de manera que, habiendo eliminado las tendencias y los comportamientos cíclicos y estacionales, solo restará el comportamiento aleatorio, el cual permitirá conocer los niveles de dispersión de las variables, con lo que se establecerán las probabilidades de riesgo considerando los precios deseados o preferidos P^* .

Para el estudio de riesgo se identificaron inicialmente como factores de riesgo a los precios, el tipo de cambio, las tasas de interés nacional e internacional y el nivel de financiamiento de la empresa, sin embargo, en el transcurso de la investigación se determinó utilizar también algunos factores no considerados en las hipótesis iniciales: a los niveles de activo en moneda extranjera -que atenúan al riesgo por dolarización de pasivos- y a los niveles de inventario de los productos cuyos precios representan un riesgo, ya que ambos ponderan la participación de las variables independientes en el riesgo con respecto a la inversión total de la empresa.

Como una medida de riesgo general para las empresas comercializadoras, se propone un índice general de riesgo que muestra un panorama general de las probabilidades de obtener resultados no deseados para la empresa en relación con su situación financiera, con el que se concluyó que las variables precio, tipo de cambio y tasas de interés inciden directamente en el riesgo de la empresa, corroborando las hipótesis, sin embargo, es el tipo de cambio el que afecta en mayor medida debido a los altos niveles de volatilidad, seguido por la tasa de interés nacional y finalmente la tasa de interés internacional y los precios agrícolas con relativamente bajas probabilidades de riesgo.

Desde el cálculo de la desviación estándar pronosticada para las variables independientes puede probarse que las variables independientes son efectivamente riesgosas como lo establecen las hipótesis (tipo de cambio, tasas de interés y precios inciden en el riesgo de comercio exterior). No obstante, el índice de riesgo propuesto determina de una manera más formal el nivel de riesgo que representa cada una de las variables independientes para la empresa del caso de estudio.

Se concluyó también que las variables presentan diferentes características que se pueden mencionar de manera muy general: las variables exógenas como el tipo de cambio y las tasas de interés, en el sentido de que no son negociables y la empresa se encuentra sujeta a estas siempre y cuando posea pasivos en moneda extranjera, o nacional; y las variables susceptibles de negociación, como lo son los precios, ya que estos pueden reducirse o incrementarse, dependiendo de la capacidad de negociación de la empresa, lo que da a la empresa oportunidad de gestionar su riesgo de precio a través de la negociación.

La necesidad de emplear variables dicotómicas en los modelos nos habla de la imposibilidad de predecir tiempos de crisis a través del análisis de las series de tiempo, es decir, son más eficaces bajo condiciones normales. El evidente salto en los precios del limón en octubre de 2007 -atribuido a la crisis alimentaria- y el del tipo de cambio en octubre de 2008 -producto de la crisis financiera- son evidencia del riesgo que existe en nuestra economía.

Es necesario mencionar que la finalidad del análisis de riesgo y de los productos derivados es la protección y no el financiamiento, ya se ha visto en repetidas ocasiones cómo empresas que venden volatilidad sin ser éste su giro llegan a quebrar por la mala utilización de derivados, situaciones que provocan que se vea con recelo al análisis de riesgo, no obstante, siempre está la advertencia de que los pronósticos y las otras formas de medir el riesgo, así sean sustentados por un modelo estadístico muy ajustado y matemáticamente válido, no son puntuales, la realidad es y siempre será contingente por lo que difícilmente ha de caber en un modelo y no hay que perder de vista que un modelo es solo una representación de la realidad, que puede ayudar a comprenderla y a tomar decisiones, pero con mucha dificultad podrá contenerla en su totalidad, por ello no hay que olvidar que el análisis de riesgo es solo una herramienta que ayuda a distinguir un poco en la niebla del futuro y que debe ser utilizada con prudencia.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J.R., J.L. Dillon y J.B. Hardaker, EE.UU. (1977). *Agricultural Decision Analysis*, Iowa State University Press, Ames.
- ARCIDIÁCONO, María Sol. Argentina (2004). *Gestión de riesgo en las empresas agro-exportadoras. Utilización de instrumentos derivados y modelos de simulación: Monte Carlo*. Bolsa de Comercio de Rosario.
- BANXICO, México (2009). *Estadísticas*. Banco de Mexico. www.banxico.org.mx
- BANXICO, México (2005). *Definiciones básicas de Riesgos*. Banco de Mexico. www.banxico.org.mx
- México (2008). *Información estadística*. www.banxico.org.mx
- BOUSARD, Jean-Marc. Francia (2004). *Price risk management in agricultural and other unstable markets*. INRA Economie.
- BOX, George E. P. y Gwilym M. Jenkins (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Revised Edition, Oakland, CA: Holden-Day.
- CALVO, Guillermo y Ernesto Talvi, EE.UU. (2005), *Sudden stop, Financial Factors and Economic Collapse in Latin America: Learning from Argentina and Chile*. National Bureau of Economic Research.
- CAVALETTO Giovanni, EE.UU. (1998). *The Mexican Avocado Industry Through the Eyes of a California Grower*. California Avocado Society 1998 Yearbook 82.
- CUTHBERTSON Keith, Stephen G. Hall y Mark P. Taylor (1998), *Applied Econometric Techniques*.
- DICKEY, D.A. y W.A. Fuller (1979). "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root" en *Journal of the American Statistical Association*.
- GUJARATI, Damodar (2004). *Econometría*, cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. 2004
- GALINDO Luis M., México (2007). *Las Hipótesis de Poder de Paridad de Compra y de Paridad Descubierta de Tasas de Interés en México: Identificación de Hipótesis Estructurales*. CEPAL.

- HARDAKER J. Brian. EE.UU. (2000). *Some Issues in Dealing with Risk in Agriculture*. University of New England, Graduate School of Agricultural and Resource Economics
- HAWES, Cullen R. EE.UU. (2003), *Value at Risk: Agricultural Processor Procurement and Hedging Strategies*. North Dakota State University of Agriculture and Applied Science.
- HERNANDEZ, Plinio, Mario Gomez y Jaime Raya, México (2007). “Remesas Familiares en México: El fin de la abundancia” en *Remesas y Desarrollo Económico en México*. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. UMSNH.
- IFS *International Financial Statistics* (2009). *Estadísticas internacionales*. Fondo Monetario Internacional. Web: www.imfstatistics.org/imf.
- JARQUE, Carlos M.; Anil K. Bera (1980). "Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals". *Economics Letters* 6.
- KHOR, Martin, (1995) Los altos riesgos del mercado de derivados, http://www.redtercermundo.org.uy/resurgence/texto_completo.php?id=2339
- LUDLOW Wiechers, Jorge, México (1997) *Modelos, Pronósticos y Volatilidad de las Series de Tiempo Generadas en la Bolsa Mexicana de Valores*, Universidad Autónoma Metropolitana.
- MANFREDO, Mark R. y Raymond M. Leuthold EE.UU. (2001), *Agricultural Applications of Value-at-Risk Analysis: A Perspective*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- MANSELL Carstens, Catherine, México (1992). *Las Nuevas Finanzas en México*, ITAM-IMEF.
- MICROSOFT Corporation, EE.UU. (2005) “Análisis de riesgos” en *Microsoft Encarta 2006*. Microsoft Corporation.
- MILENIO, Diario, México (2008). *Comercial Mexicana contribuyó a la volatilidad: Guillermo Ortiz*. www.milenio.com
- NASS, National Agricultural Statistics Service, EE.UU. (2009). *Agricultural prices 2000s*. United States Department of Agriculture. <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1002>

- PHILLIPS, P.C.B. y P. Perron (1988). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression" en *Biometrika*.
- PICK Daniel H. EE.UU. (1990) *Exchange Rate Risk and U.S. Agricultural Trade Flows*. American Agricultural Economics Association.
- PETROFF John. EE.UU. (2000) *Análisis Financiero*. Traducción: Miguel Arce, Revisión: Jaime Romero (2006).
- Planet Finance, México (2004). *Gestión de Riesgos en el Sector de Ahorro y Crédito Popular*. CNBV.
- RAE, Real Academia Española. España, (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Vigésima segunda edición. Web: www.rae.es
- REUTERS, España (2004). *Curso de análisis técnico*. Ediciones Gestión 2000.
- SALAZAR, J. Manuel, Suiza (1999), "Comercio, desarrollo y finanzas: hacia un nuevo consenso" en *Puentes entre el Comercio y el Desarrollo Sostenible* Vol. 1 No.4 Febrero-Marzo 1999. International Centre for Trade and Sustainable Development. <http://www.ictsd.org/html/puentes1-4.htm>
- SNIIM, México (2009). *Información estadística*. Secretaría de economía. <http://www.economia-sniim.gob.mx/>
- THEIL, H., Holanda (1966). *Applied Economic Forecasting*.
- VILARIÑO Sanz, Ángel, México (2001), *Turbulencias Financieras y Riesgo de Mercado*, Ed. Prentice Hall.
- WHITE, Halbert (1980). "A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix and a Direct Test for Heteroskedasticity" en *Econometrica*.

APÉNDICE

Cuadro A-1
Tipo de Cambio: Enero 1995 a Febrero 2009 (Serie: TC)

Año: mes	Tipo de Cambio	Año: mes	Tipo de Cambio	Año: mes	Tipo de Cambio	Año: mes	Tipo de Cambio	Año: mes	Tipo de Cambio
1995:01	5.7159	1997:11	8.2858	2000:09	9.3576	2003:07	10.4641	2006:05	11.1116
1995:02	5.7214	1997:12	8.1220	2000:10	9.5337	2003:08	10.7913	2006:06	11.4042
1995:03	6.8309	1998:01	8.2314	2000:11	9.5006	2003:09	10.9406	2006:07	10.9992
1995:04	6.2233	1998:02	8.5097	2000:12	9.4628	2003:10	11.2105	2006:08	10.8824
1995:05	5.9852	1998:03	8.5688	2001:01	9.7810	2003:11	11.1554	2006:09	10.9954
1995:06	6.2227	1998:04	8.4947	2001:02	9.7059	2003:12	11.2622	2006:10	10.9073
1995:07	6.1335	1998:05	8.5955	2001:03	9.6004	2004:01	10.9347	2006:11	10.9263
1995:08	6.2008	1998:06	8.9174	2001:04	9.3302	2004:02	11.0331	2006:12	10.8578
1995:09	6.3105	1998:07	8.8940	2001:05	9.1380	2004:03	11.0226	2007:01	10.9631
1995:10	6.7478	1998:08	9.3848	2001:06	9.0880	2004:04	11.2847	2007:02	11.0112
1995:11	7.7370	1998:09	10.2634	2001:07	9.1711	2004:05	11.5239	2007:03	11.1239
1995:12	7.6718	1998:10	10.1634	2001:08	9.1332	2004:06	11.4017	2007:04	10.9880
1996:01	7.4803	1998:11	9.9625	2001:09	9.4243	2004:07	11.4758	2007:05	10.8229
1996:02	7.5117	1998:12	9.8963	2001:10	9.3483	2004:08	11.4047	2007:06	10.8472
1996:03	7.5577	1999:01	10.1633	2001:11	9.2240	2004:09	11.4955	2007:07	10.8185
1996:04	7.4541	1999:02	9.9876	2001:12	9.1605	2004:10	11.4115	2007:08	11.0554
1996:05	7.4273	1999:03	9.7311	2002:01	9.1645	2004:11	11.3793	2007:09	11.0402
1996:06	7.5536	1999:04	9.4137	2002:02	9.0983	2004:12	11.2179	2007:10	10.8309
1996:07	7.6140	1999:05	9.4113	2002:03	9.0706	2005:01	11.2700	2007:11	10.8948
1996:08	7.5085	1999:06	9.5275	2002:04	9.1667	2005:02	11.1446	2007:12	10.8514
1996:09	7.5397	1999:07	9.3714	2002:05	9.5277	2005:03	11.1537	2008:01	10.9156
1996:10	7.7278	1999:08	9.4006	2002:06	9.7780	2005:04	11.1269	2008:02	10.7710
1996:11	7.9018	1999:09	9.3318	2002:07	9.7913	2005:05	10.9812	2008:03	10.7372
1996:12	7.8663	1999:10	9.5683	2002:08	9.8509	2005:06	10.8331	2008:04	10.5219
1997:01	7.8226	1999:11	9.4014	2002:09	10.0871	2005:07	10.6899	2008:05	10.4420
1997:02	7.7980	1999:12	9.4300	2002:10	10.1029	2005:08	10.6972	2008:06	10.3368
1997:03	7.9637	2000:01	9.4880	2002:11	10.2023	2005:09	10.7864	2008:07	10.2205
1997:04	7.9038	2000:02	9.4232	2002:12	10.2306	2005:10	10.8420	2008:08	10.1175
1997:05	7.8968	2000:03	9.2905	2003:01	10.6354	2005:11	10.6767	2008:09	10.6607
1997:06	7.9483	2000:04	9.3936	2003:02	10.9447	2005:12	10.6445	2008:10	12.7869
1997:07	7.8717	2000:05	9.5186	2003:03	10.9379	2006:01	10.5565	2008:11	13.1752
1997:08	7.7811	2000:06	9.8354	2003:04	10.5982	2006:02	10.4930	2008:12	13.4780
1997:09	7.7790	2000:07	9.4296	2003:05	10.2725	2006:03	10.7578	2009:01	14.6361
1997:10	7.9059	2000:08	9.2713	2003:06	10.5284	2006:04	11.0574	2009:02	14.7159

Unidad: Peso por dólar, cotización máxima.

Fuente: Banco de México.

Cuadro A-2
Prueba de Raíces Unitarias del Tipo de Cambio (Serie TC)

Hipótesis nula: TC tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	0.342602	0.9796
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.484653	
nivel: 5%	-2.885249	
nivel: 10%	-2.579491	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia

Cuadro A-3
Prueba de Raíces Unitarias de la Primera Diferencia del Logaritmo del Tipo de Cambio D(LOG(TC))

Hipótesis nula: D(LOG(TC)) tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-8.023700	0.0000
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.484653	
nivel: 5%	-2.885249	
nivel: 10%	-2.579491	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-4
Correlograma de los residuos estandarizados del modelo ARIMA
para D(LOG(TC))

Muestra: 2000M01 2009M02

Observaciones incluidas: 110

Probabilidades (Estadístico Q) Ajustadas para 2 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	0.140	0.140	2.226	
		2	0.012	-0.008	2.241	
		3	-0.012	-0.012	2.257	0.133
		4	0.067	0.072	2.774	0.250
		5	0.108	0.091	4.152	0.245
		6	0.015	-0.013	4.180	0.382
		7	-0.117	-0.119	5.810	0.325
		8	-0.079	-0.050	6.567	0.363
		9	0.065	0.076	7.089	0.420
		10	-0.025	-0.059	7.166	0.519
		11	-0.052	-0.034	7.499	0.585
		12	0.024	0.074	7.572	0.671
		13	-0.080	-0.091	8.384	0.679
		14	0.085	0.088	9.311	0.676
		15	0.055	0.035	9.709	0.718
		16	-0.043	-0.050	9.946	0.766
		17	-0.014	0.003	9.973	0.821
		18	0.019	0.009	10.021	0.866
		19	0.015	0.000	10.051	0.901
		20	-0.028	-0.047	10.159	0.927
		21	-0.029	-0.015	10.273	0.946
		22	0.012	0.062	10.291	0.963
		23	0.084	0.056	11.301	0.957
		24	0.072	0.037	12.046	0.956
		25	-0.066	-0.047	12.674	0.959
		26	-0.144	-0.153	15.716	0.898
		27	-0.048	-0.022	16.052	0.913
		28	-0.037	-0.051	16.256	0.930
		29	-0.058	-0.068	16.769	0.937
		30	-0.011	0.064	16.787	0.953
		31	0.029	0.087	16.921	0.963
		32	0.090	0.090	18.188	0.955
		33	0.030	-0.020	18.330	0.965
		34	0.032	0.031	18.498	0.973
		35	0.169	0.189	23.185	0.898
		36	0.046	-0.070	23.535	0.911

Elaboración propia.

Cuadro A-5
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado del
modelo ARIMA para D(LOG(TC))

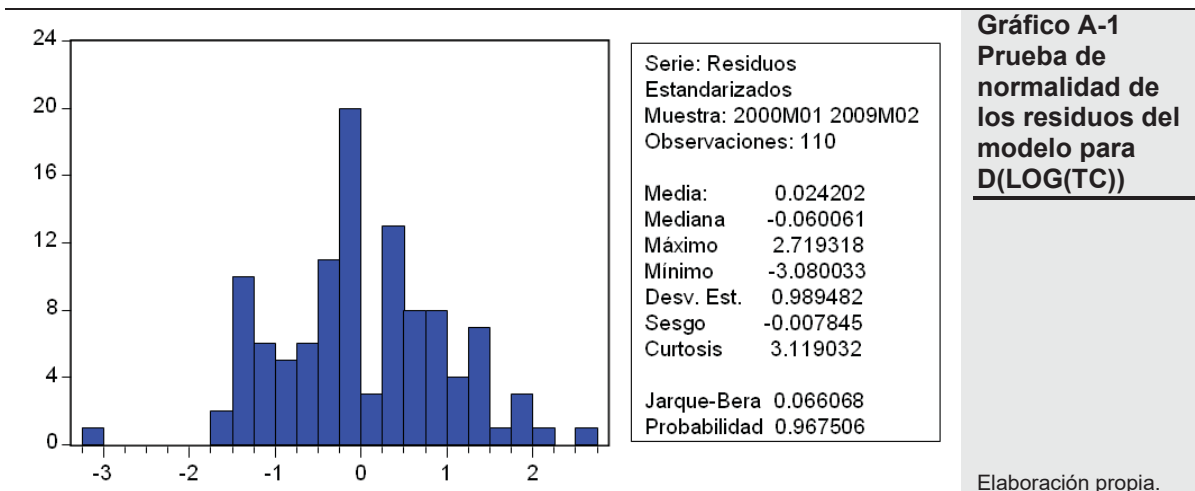
Muestra: 2000M01 2009M02

Observaciones incluidas: 110

Probabilidades (Estadístico Q) Ajustadas para 2 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	-0.016	-0.016	0.029	
		2	0.044	0.044	0.255	
		3	-0.073	-0.072	0.872	0.350
		4	-0.043	-0.047	1.083	0.582
		5	0.022	0.027	1.138	0.768
		6	-0.097	-0.099	2.264	0.687
		7	-0.076	-0.089	2.947	0.708
		8	-0.083	-0.077	3.774	0.707
		9	-0.045	-0.056	4.016	0.778
		10	-0.035	-0.056	4.163	0.842
		11	0.170	0.161	7.751	0.559
		12	0.000	-0.011	7.751	0.653
		13	0.154	0.126	10.765	0.463
		14	0.065	0.082	11.308	0.503
		15	-0.095	-0.115	12.467	0.490
		16	0.005	-0.015	12.470	0.569
		17	-0.001	0.050	12.470	0.643
		18	-0.115	-0.135	14.233	0.581
		19	0.001	0.034	14.234	0.651
		20	-0.148	-0.087	17.232	0.507
		21	0.068	0.070	17.880	0.530
		22	-0.032	-0.047	18.020	0.586
		23	-0.001	-0.005	18.020	0.648
		24	-0.044	-0.128	18.302	0.688
		25	-0.040	-0.078	18.536	0.728
		26	0.071	0.049	19.281	0.737
		27	0.115	0.091	21.230	0.680
		28	0.028	0.011	21.343	0.724
		29	0.079	0.168	22.295	0.722
		30	0.056	0.036	22.770	0.744
		31	-0.033	0.022	22.945	0.779
		32	-0.061	-0.095	23.535	0.793
		33	0.008	0.051	23.544	0.829
		34	-0.041	-0.060	23.818	0.851
		35	0.076	0.140	24.777	0.848
		36	-0.094	-0.042	26.243	0.827

Elaboración propia.



Cuadro A-6
Prueba de heterocedasticidad condicional autorregresiva del modelo ARIMA de la serie D(LOG(TC))

Prueba ARCH:

Hipótesis nula: los residuos no presentan un proceso ARCH

Estadístico F:	0.027632	Probabilidad:	0.868292
Obs*R-cuadrada:	0.028141	Probabilidad:	0.866778

Elaboración propia.

Cuadro A-7
Evaluación del pronóstico para la serie TC

Muestra pronosticada: 1995M01 2009M03
Muestra ajustada: 2000M01 2009M03
Observaciones incluidas: 110
Variable Pronosticada: TC

Raíz del Error Cuadrático Medio	0.146749
Error Absoluto Medio	0.109335
Error Absoluto Medio Porcentual	1.055002
Coficiente de Desigualdad de Theil	0.006910
Proporción de Bias	0.000760
Proporción de la varianza	0.001837
Proporción de la covarianza	0.997402

Elaboración propia.

Cuadro A-8
Tasa de Interés Nacional: Enero 1996 - Diciembre 2008
(Tasa de rendimiento promedio mensual, en por ciento anual)

Año: Mes	Tasa de Interés	Año: Mes	Tasa de Interés	Año: Mes	Tasa de Interés
2002:01	7.68	2004:06	7.25	2006:11	7.34
2002:02	8.74	2004:07	7.54	2006:12	7.40
2002:03	8.57	2004:08	7.66	2007:01	7.44
2002:04	6.80	2004:09	7.98	2007:02	7.44
2002:05	7.68	2004:10	8.29	2007:03	7.41
2002:06	8.62	2004:11	8.85	2007:04	7.32
2002:07	8.38	2004:12	9.15	2007:05	7.59
2002:08	7.47	2005:01	9.01	2007:06	7.52
2002:09	8.49	2005:02	9.77	2007:07	7.57
2002:10	8.90	2005:03	10.12	2007:08	7.49
2002:11	8.67	2005:04	10.18	2007:09	7.60
2002:12	8.53	2005:05	10.43	2007:10	7.67
2003:01	9.58	2005:06	10.08	2007:11	7.82
2003:02	9.95	2005:07	10.01	2007:12	7.86
2003:03	9.99	2005:08	10.05	2008:01	7.90
2003:04	8.84	2005:09	9.59	2008:02	7.94
2003:05	5.99	2005:10	9.32	2008:03	7.89
2003:06	5.98	2005:11	9.19	2008:04	7.97
2003:07	5.31	2005:12	8.59	2008:05	7.91
2003:08	5.10	2006:01	8.23	2008:06	7.92
2003:09	5.25	2006:02	7.94	2008:07	8.30
2003:10	5.86	2006:03	7.68	2008:08	8.57
2003:11	5.64	2006:04	7.60	2008:09	8.71
2003:12	6.78	2006:05	7.32	2008:10	9.68
2004:01	5.57	2006:06	7.34	2008:11	10.980
2004:02	6.27	2006:07	7.28	2008:12	10.690
2004:03	7.04	2006:08	7.34	2009:01	10.460
2004:04	6.42	2006:09	7.31	2009:02	9.740
2004:05	7.24	2006:10	7.36		

Fuente: FMI

Cuadro A-9
Prueba de Raíces Unitarias de la Tasa de Interés Nacional (Serie TIN)

Hipótesis nula: TIN tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-1.973099	0.2981
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.508326	
nivel: 5%	-2.895512	
nivel: 10%	-2.584952	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-10
Prueba de Raíces Unitarias de la Tasa de Interés Nacional (Serie D(LOG(TIN)))

Hipótesis nula: D(LOG(TIN)) tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-9.517388	0.0000
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.508326	
nivel: 5%	-2.895512	
nivel: 10%	-2.584952	

* MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-11
Correlograma de los residuos estandarizados del modelo ARIMA para
D(LOG(TIN))

Muestra: 2002M01 2009M02

Observaciones incluidas: 86

Probabilidades (Estadístico Q) Ajustadas para 4 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	-0.003	-0.003	0.001	
		2	0.175	0.175	2.770	
		3	-0.003	-0.002	2.771	
		4	-0.045	-0.078	2.958	
		5	-0.027	-0.027	3.025	0.082
		6	-0.085	-0.066	3.710	0.156
		7	-0.062	-0.055	4.080	0.253
		8	-0.045	-0.023	4.277	0.370
		9	0.051	0.072	4.530	0.476
		10	-0.046	-0.044	4.743	0.577
		11	0.060	0.029	5.102	0.648
		12	0.053	0.061	5.387	0.716
		13	-0.066	-0.091	5.843	0.756
		14	-0.105	-0.146	6.995	0.726
		15	-0.118	-0.091	8.483	0.669
		16	-0.139	-0.099	10.574	0.566
		17	0.111	0.155	11.916	0.535
		18	0.014	0.068	11.938	0.611
		19	0.046	-0.005	12.181	0.665
		20	-0.009	-0.079	12.189	0.731
		21	-0.099	-0.166	13.342	0.713
		22	-0.053	-0.088	13.674	0.750
		23	-0.129	-0.106	15.681	0.678
		24	-0.014	0.031	15.706	0.735
		25	-0.004	0.100	15.708	0.786
		26	-0.006	0.004	15.712	0.830
		27	0.035	0.014	15.866	0.861
		28	0.049	-0.027	16.176	0.882
		29	0.103	-0.028	17.582	0.860
		30	0.072	0.006	18.283	0.865
		31	0.008	-0.015	18.292	0.894
		32	-0.001	0.058	18.293	0.919
		33	-0.036	0.056	18.482	0.934
		34	0.011	0.028	18.501	0.950
		35	-0.075	-0.107	19.341	0.949
		36	0.020	-0.099	19.403	0.961

Elaboración propia.

Cuadro A-12
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado del modelo
ARIMA para D(LOG(TIN))

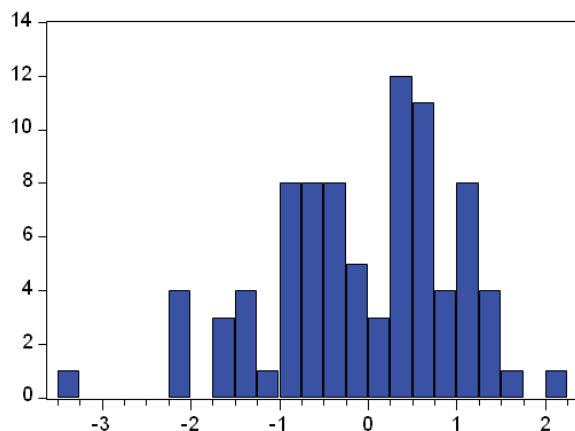
Muestra: 2002M01 2009M02

Observaciones incluidas: 86

Probabilidades (Estadístico Q) Ajustadas para 4 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	0.011	0.011	0.011	
		2	0.112	0.112	1.150	
		3	-0.113	-0.117	2.315	
		4	-0.006	-0.015	2.318	
		5	-0.049	-0.023	2.539	0.111
		6	0.033	0.025	2.644	0.267
		7	0.107	0.115	3.738	0.291
		8	0.136	0.122	5.538	0.236
		9	0.158	0.144	8.002	0.156
		10	-0.021	-0.028	8.045	0.235
		11	0.150	0.161	10.319	0.171
		12	-0.092	-0.050	11.186	0.191
		13	0.158	0.145	13.782	0.130
		14	-0.003	0.039	13.783	0.183
		15	-0.003	-0.085	13.785	0.245
		16	-0.073	-0.086	14.359	0.278
		17	0.101	0.075	15.474	0.279
		18	0.002	-0.030	15.474	0.347
		19	-0.044	-0.120	15.692	0.403
		20	-0.040	-0.090	15.871	0.462
		21	0.008	-0.008	15.878	0.532
		22	0.161	0.117	18.932	0.396
		23	-0.065	-0.046	19.437	0.429
		24	-0.082	-0.173	20.263	0.442
		25	-0.069	-0.025	20.855	0.468
		26	-0.057	-0.052	21.272	0.504
		27	-0.076	-0.043	22.022	0.519
		28	0.013	0.007	22.045	0.577
		29	0.000	0.011	22.045	0.633
		30	0.054	0.009	22.445	0.664
		31	0.024	0.033	22.524	0.710
		32	-0.054	0.023	22.927	0.737
		33	-0.031	0.035	23.068	0.773
		34	-0.070	0.008	23.773	0.782
		35	0.004	0.009	23.775	0.820
		36	-0.028	0.003	23.892	0.848

Elaboración propia.



Serie: Residuos Estandarizados
 Muestra: 2002M01 2009M02
 Observaciones: 86

Media: -0.053385
 Mediana 0.062737
 Máximo 2.207475
 Mínimo -3.271446
 Desv. Est. 1.035928
 Sesgo -0.496639
 Curtosis 3.062833

Jarque-Bera 3.549465
 Probabilidad 0.169529

Gráfico A-2
Prueba de normalidad de los residuos del modelo para D(LOG(TIN))

Elaboración propia.

Cuadro A-13
Prueba de heterocedasticidad condicional autorregresiva del modelo ARIMA de la serie D(D(LOG(TIN)))

Prueba ARCH:

Hipótesis nula: los residuos no presentan un proceso ARCH

Estadístico F	0.010365	Probabilidad	0.919154
Obs*R-cuadrada	0.010614	Probabilidad	0.917945

Elaboración propia.

Cuadro A-14
Evaluación del pronóstico para la serie TIN

Muestra pronosticada: 2002M01 2009M03

Observaciones incluidas: 86

Variable Pronosticada: TINF

Raíz del Error Cuadrático Medio	0.389121
Error Absoluto Medio	0.299947
Error Absoluto Medio Porcentual	3.786045
Coefficiente de Desigualdad de Theil	0.023787
Proporción de Bias	0.000586
Proporción de la varianza	0.000031
Proporción de la covarianza	0.999383

Elaboración propia.

Cuadro A-15
Tasa de Interés internacional de Enero de 2001 a Octubre de 2008

Año: Mes	Tasa de Interés	Año: Mes	Tasa de Interés	Año: Mes	Tasa de Interés	Año: Mes	Tasa de Interés
2000:01	8.500	2002:05	4.750	2004:09	4.590	2007:01	8.250
2000:02	8.730	2002:06	4.750	2004:10	4.750	2007:02	8.250
2000:03	8.830	2002:07	4.750	2004:11	4.920	2007:03	8.250
2000:04	9.000	2002:08	4.750	2004:12	5.150	2007:04	8.250
2000:05	9.240	2002:09	4.750	2005:01	5.250	2007:05	8.250
2000:06	9.500	2002:10	4.750	2005:02	5.490	2007:06	8.250
2000:07	9.500	2002:11	4.350	2005:03	5.590	2007:07	8.250
2000:08	9.500	2002:12	4.250	2005:04	5.750	2007:08	8.250
2000:09	9.500	2003:01	4.250	2005:05	5.990	2007:09	8.030
2000:10	9.500	2003:02	4.250	2005:06	6.010	2007:10	7.740
2000:11	9.500	2003:03	4.250	2005:07	6.250	2007:11	7.500
2000:12	9.500	2003:04	4.250	2005:08	6.430	2007:12	7.330
2001:01	9.050	2003:05	4.250	2005:09	6.600	2008:01	6.980
2001:02	8.500	2003:06	4.220	2005:10	6.750	2008:02	6.000
2001:03	8.320	2003:07	4.000	2005:11	7.000	2008:03	5.660
2001:04	7.800	2003:08	4.000	2005:12	7.160	2008:04	5.240
2001:05	7.240	2003:09	4.000	2006:01	7.260	2008:05	5.000
2001:06	6.980	2003:10	4.000	2006:02	7.500	2008:06	5.000
2001:07	6.750	2003:11	4.000	2006:03	7.540	2008:07	5.000
2001:08	6.670	2003:12	4.000	2006:04	7.750	2008:08	5.000
2001:09	6.280	2004:01	4.000	2006:05	7.920	2008:09	5.000
2001:10	5.530	2004:02	4.000	2006:06	8.020	2008:10	4.560
2001:11	5.100	2004:03	4.000	2006:07	8.250	2008:11	4.000
2001:12	4.840	2004:04	4.000	2006:08	8.250	2008:12	3.610
2002:01	4.750	2004:05	4.000	2006:09	8.250	2009:01	3.250
2002:02	4.750	2004:06	4.000	2006:10	8.250	2009:02	3.250
2002:03	4.750	2004:07	4.250	2006:11	8.250		
2002:04	4.750	2004:08	4.420	2006:12	8.250		

Unidad: Tasa de rendimiento promedio mensual, en por ciento anual.

Fuente: International Financial Statistics (del Fondo Monetario Internacional)

Cuadro A-16
Prueba de Raíces Unitarias de la Tasa de Interés Internacional (Serie TII)

Hipótesis nula: TII tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-1.496957	0.5316
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.490772	
nivel: 5%	-2.887909	
nivel: 10%	-2.580908	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-17
Prueba de Raíces Unitarias de la Tasa de Interés Internacional (Serie D(LOG(TII)))

Hipótesis nula: TII tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-4.322136	0.0007
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.490772	
nivel: 5%	-2.887909	
nivel: 10%	-2.580908	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-18
Correlograma de los residuos del modelo ARIMA para D(D(LOG(TII)))

Muestra: 2000M01 2009M02

Observaciones incluidas: 110

Probabilidades Ajustadas para 2 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	-0.085	-0.085	0.811	
		2	0.001	-0.006	0.812	
		3	-0.008	-0.009	0.820	0.365
		4	-0.044	-0.046	1.046	0.593
		5	0.078	0.071	1.762	0.623
		6	-0.038	-0.026	1.935	0.748
		7	-0.006	-0.012	1.940	0.857
		8	0.110	0.109	3.390	0.759
		9	0.003	0.027	3.391	0.847
		10	0.061	0.057	3.848	0.871
		11	0.049	0.068	4.146	0.902
		12	-0.054	-0.036	4.518	0.921
		13	-0.085	-0.109	5.437	0.908
		14	0.104	0.103	6.818	0.869
		15	-0.045	-0.035	7.086	0.898
		16	-0.007	-0.040	7.093	0.931
		17	-0.077	-0.078	7.875	0.929
		18	0.022	0.015	7.943	0.951
		19	0.050	0.012	8.279	0.960
		20	-0.011	0.009	8.297	0.974
		21	0.045	0.061	8.582	0.980
		22	0.003	0.007	8.584	0.987
		23	-0.038	-0.022	8.792	0.991
		24	-0.129	-0.141	11.167	0.972
		25	-0.006	-0.019	11.173	0.981
		26	0.035	0.034	11.355	0.986
		27	0.002	0.025	11.356	0.991
		28	0.044	0.027	11.643	0.993
		29	0.000	0.003	11.643	0.996
		30	0.108	0.096	13.427	0.991
		31	-0.011	0.024	13.447	0.994
		32	-0.026	0.001	13.550	0.996
		33	-0.035	-0.036	13.746	0.997
		34	0.002	0.028	13.746	0.998
		35	0.018	0.006	13.802	0.999
		36	0.067	0.052	14.545	0.999

Elaboración propia.

Cuadro A-19
Correlograma de los residuos al cuadrado del modelo ARIMA para
D(D(LOG(TII)))

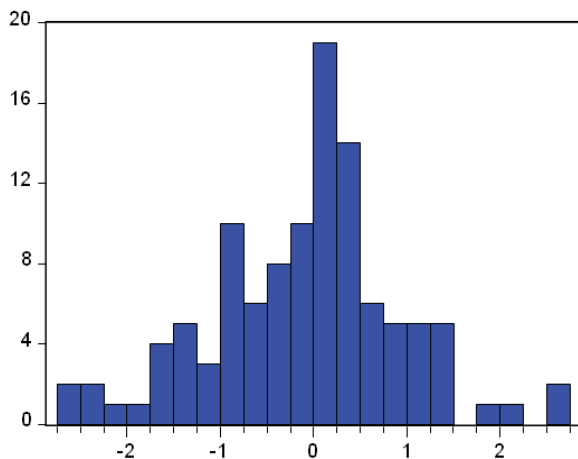
Muestra: 2000M01 2009M02

Observaciones incluidas: 110

Probabilidades Ajustadas para 2 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	-0.001	-0.001	0.000	
		2	-0.001	-0.001	0.000	
		3	0.046	0.046	0.248	0.618
		4	-0.027	-0.027	0.333	0.846
		5	0.030	0.030	0.441	0.932
		6	0.039	0.037	0.625	0.960
		7	0.062	0.065	1.079	0.956
		8	-0.056	-0.060	1.454	0.962
		9	0.024	0.022	1.523	0.981
		10	-0.053	-0.059	1.872	0.985
		11	-0.099	-0.093	3.093	0.960
		12	0.025	0.014	3.173	0.977
		13	-0.031	-0.026	3.292	0.986
		14	-0.041	-0.037	3.505	0.991
		15	-0.042	-0.041	3.733	0.994
		16	-0.099	-0.094	5.019	0.986
		17	0.036	0.054	5.190	0.990
		18	0.050	0.058	5.521	0.992
		19	0.084	0.089	6.476	0.989
		20	-0.030	-0.026	6.603	0.993
		21	0.063	0.064	7.161	0.993
		22	-0.062	-0.070	7.691	0.994
		23	-0.010	0.002	7.705	0.996
		24	0.064	0.024	8.290	0.996
		25	-0.048	-0.055	8.628	0.997
		26	-0.019	-0.053	8.682	0.998
		27	0.050	0.042	9.053	0.999
		28	0.003	0.012	9.054	0.999
		29	0.006	0.034	9.060	1.000
		30	0.050	0.044	9.444	1.000
		31	-0.040	-0.040	9.690	1.000
		32	-0.018	0.001	9.742	1.000
		33	0.0330	0.0310	9.9147	1.000
		34	-0.0550	-0.0400	10.3970	1.000
		35	-0.0300	-0.0160	10.5430	1.000
		36	0.0570	0.0180	11.0750	1.000

Elaboración propia.



Serie: Residuos Estandarizados
 Muestra: 2000M01 2009M02
 Observaciones: 110

Media: -0.091723
 Mediana 0.003112
 Máximo 2.740577
 Mínimo -2.646591
 Desv. Est. 1.018286
 Sesgo -0.098949
 Curtosis 3.522637

Jarque-Bera 1.431434
 Probabilidad 0.488841

Gráfico A-3
Prueba de normalidad de los residuos del modelo para D(D(LOG(TII)))

Elaboración propia.

Cuadro A-20
Prueba de heterocedasticidad condicional autorregresiva del modelo ARIMA de la serie D(D(LOG(TII)))

Prueba ARCH:

Hipótesis nula: los residuos no presentan un proceso ARCH

Estadístico F	5.70E-05	Probabilidad	0.993992
Obs*R-cuadrada	5.80E-05	Probabilidad	0.993922

Elaboración propia.

Cuadro A-21
Evaluación del pronóstico para la serie TII

Muestra pronosticada: 2000M01 2009M03

Observaciones incluidas: 110

Variable Pronosticada: TIIF

Raíz del Error Cuadrático Medio	0.116201
Error Absoluto Medio	0.082262
Error Absoluto Medio Porcentual	1.444766
Coefficiente de Desigualdad de Theil	0.008920
Proporción de Bias	0.005258
Proporción de la varianza	0.011559
Proporción de la covarianza	0.983182

Elaboración propia.

Cuadro A-22
Precio por Caja del limón fresco
Enero 97 - Diciembre 2008 para California (EE.UU.)

Año: mes	Precio	Año: mes	Precio	Año: mes	Precio	Año: mes	Precio
1997:01	22.3	2000:02	27.1	2003:03	19.7	2006:04	39.0
1997:02	19.5	2000:03	27.2	2003:04	26.2	2006:05	43.2
1997:03	19.0	2000:04	24.5	2003:05	30.5	2006:06	42.8
1997:04	22.3	2000:05	23.6	2003:06	32.4	2006:07	41.4
1997:05	31.8	2000:06	31.1	2003:07	32.8	2006:08	42.5
1997:06	41.9	2000:07	37.2	2003:08	32.3	2006:09	46.6
1997:07	48.2	2000:08	38.1	2003:09	28.5	2006:10	49.5
1997:08	49.9	2000:09	31.1	2003:10	25.6	2006:11	41.5
1997:09	46.3	2000:10	25.1	2003:11	24.8	2006:12	34.4
1997:10	32.0	2000:11	21.2	2003:12	23.6	2007:01	31.8
1997:11	21.4	2000:12	20.9	2004:01	22.8	2007:02	53.6
1997:12	18.9	2001:01	20.0	2004:02	24.3	2007:03	53.2
1998:01	17.9	2001:02	19.9	2004:03	28.4	2007:04	52.2
1998:02	17.3	2001:03	22.2	2004:04	31.0	2007:05	51.6
1998:03	19.6	2001:04	27.0	2004:05	31.7	2007:06	53.7
1998:04	22.6	2001:05	28.9	2004:06	34.1	2007:07	56.4
1998:05	27.8	2001:06	30.9	2004:07	35.6	2007:08	59.2
1998:06	37.9	2001:07	36.5	2004:08	35.2	2007:09	61.9
1998:07	44.6	2001:08	40.2	2004:09	34.6	2007:10	63.5
1998:08	42.5	2001:09	36.9	2004:10	32.6	2007:11	63.7
1998:09	36.3	2001:10	38.2	2004:11	31.4	2007:12	58.9
1998:10	37.9	2001:11	33.9	2004:12	31.7	2008:01	61.5
1998:11	30.2	2001:12	30.5	2005:01	31.5	2008:02	62.9
1998:12	25.3	2002:01	28.4	2005:02	30.4	2008:03	61.7
1999:01	29.7	2002:02	26.5	2005:03	29.9	2008:04	59.0
1999:02	23.9	2002:03	25.7	2005:04	32.6	2008:05	60.2
1999:03	23.4	2002:04	28.1	2005:05	41.6	2008:06	61.7
1999:04	26.5	2002:05	31.0	2005:06	36.2	2008:07	58.8
1999:05	29.8	2002:06	35.9	2005:07	35.4	2008:08	51.7
1999:06	35.3	2002:07	37.0	2005:08	30.9	2008:09	44.6
1999:07	39.7	2002:08	39.5	2005:09	28.5	2008:10	37.4
1999:08	38.7	2002:09	39.1	2005:10	27.0	2008:11	35.8
1999:09	39.8	2002:10	36.4	2005:11	27.3	2008:12	32.8
1999:10	35.6	2002:11	31.9	2005:12	28.0	2009:01	29.8
1999:11	30.5	2002:12	26.9	2006:01	26.6	2009:02	26.8
1999:12	32.7	2003:01	24.0	2006:02	29.1		
2000:01	32.2	2003:02	19.7	2006:03	31.2		

Fuente: National Agricultural Statistics Service (United States Department of Agriculture)

Nota: precio por caja de 76 lbs.

Cuadro A-23
Prueba de Raíces Unitarias de los Precios del Limón (Serie LEM)

Hipótesis nula: LIMON tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-2.463102	0.1273
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.490772	
nivel: 5%	-2.887909	
nivel: 10%	-2.580908	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-24
Prueba de Raíces Unitarias de los Precios del Limón (Serie D(LOG(LEM)))

Hipótesis nula: LIMON tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

	Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada	-6.934577	0.0000
Valores críticos:		
nivel: 1%	-3.490772	
nivel: 5%	-2.887909	
nivel: 10%	-2.580908	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-25
Correlograma de los residuos del modelo ARIMA para D(LOG(LEM))

Muestra: 2002M02 2009M02

Observaciones incluidas: 109

Probabilidades (Estadístico Q) Ajustadas para 4 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	0.065	0.065	0.471	
		2	0.068	0.065	1.001	
		3	0.000	-0.008	1.001	
		4	0.044	0.041	1.228	
		5	-0.103	-0.109	2.465	0.116
		6	-0.143	-0.138	4.850	0.088
		7	-0.074	-0.045	5.497	0.139
		8	-0.088	-0.069	6.429	0.169
		9	-0.080	-0.059	7.208	0.206
		10	0.035	0.056	7.353	0.289
		11	0.094	0.081	8.452	0.294
		12	0.027	-0.008	8.542	0.382
		13	-0.054	-0.092	8.904	0.446
		14	0.025	-0.012	8.986	0.533
		15	-0.135	-0.167	11.319	0.417
		16	-0.094	-0.081	12.462	0.409
		17	0.068	0.131	13.066	0.443
		18	-0.039	-0.036	13.264	0.506
		19	-0.108	-0.109	14.846	0.463
		20	0.017	0.028	14.886	0.533
		21	0.149	0.088	17.936	0.393
		22	0.071	0.012	18.638	0.414
		23	-0.038	-0.064	18.844	0.467
		24	0.066	0.033	19.468	0.492
		25	0.121	0.108	21.578	0.424
		26	-0.105	-0.099	23.198	0.391
		27	-0.026	0.005	23.296	0.444
		28	0.061	0.064	23.850	0.470
		29	0.070	0.084	24.589	0.486
		30	-0.011	0.047	24.607	0.541
		31	0.026	-0.003	24.715	0.590
		32	0.067	0.040	25.418	0.605
		33	0.089	0.113	26.686	0.589
		34	0.010	-0.007	26.702	0.639
		35	0.137	0.151	29.784	0.528
		36	-0.063	-0.014	30.439	0.546

Elaboración propia.

Cuadro A-26
Correlograma de los residuos al cuadrado del modelo ARIMA para
D(LOG(LEM))

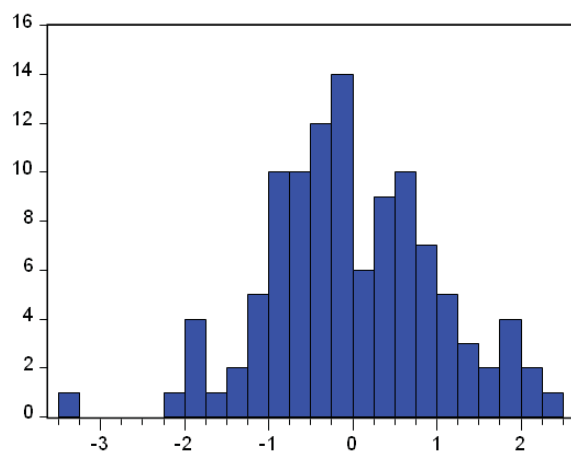
Muestra: 2002M02 2009M02

Observaciones incluidas: 109

Probabilidades (Estadístico Q) Ajustadas para 4 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	0.015	0.015	0.027	
		2	0.096	0.095	1.060	
		3	0.013	0.010	1.079	
		4	-0.082	-0.092	1.854	
		5	-0.013	-0.013	1.875	0.171
		6	-0.078	-0.062	2.589	0.274
		7	0.102	0.111	3.817	0.282
		8	0.168	0.178	7.217	0.125
		9	0.016	-0.008	7.250	0.203
		10	0.069	0.018	7.839	0.250
		11	-0.019	-0.016	7.886	0.343
		12	-0.167	-0.163	11.365	0.182
		13	-0.083	-0.063	12.224	0.201
		14	-0.010	0.053	12.237	0.270
		15	0.162	0.168	15.627	0.156
		16	-0.067	-0.119	16.214	0.182
		17	0.001	-0.075	16.215	0.238
		18	0.055	0.028	16.619	0.277
		19	-0.113	-0.065	18.329	0.246
		20	-0.105	-0.058	19.832	0.228
		21	-0.018	0.061	19.876	0.281
		22	-0.068	-0.077	20.514	0.305
		23	0.112	0.071	22.265	0.271
		24	-0.138	-0.152	24.994	0.202
		25	0.035	-0.039	25.172	0.240
		26	0.029	0.069	25.296	0.283
		27	-0.068	0.064	25.976	0.302
		28	0.057	0.046	26.454	0.331
		29	0.014	0.013	26.485	0.382
		30	0.063	0.031	27.092	0.405
		31	0.011	0.000	27.111	0.458
		32	-0.041	-0.058	27.380	0.498
		33	0.015	-0.011	27.415	0.549
		34	0.125	0.230	29.946	0.468
		35	-0.065	-0.041	30.630	0.485
		36	0.099	-0.026	32.247	0.455

Elaboración propia.



Serie: Residuos Estandarizados
 Muestra: 2000M02 2009M02
 Observaciones: 109

Media: -0.015029
 Mediana -0.108804
 Máximo 2.437897
 Mínimo -3.272220
 Desv. Est. 1.012689
 Sesgo -0.042130
 Curtosis 3.352394

Jarque-Bera 0.596235
 Probabilidad 0.742214

Gráfico A-4
Prueba de normalidad de los residuos del modelo para D(LOG(LEM))

Elaboración propia.

Cuadro A-27
Prueba de heterocedasticidad condicional autorregresiva del modelo ARIMA de la serie D(LOG(LEM))

Prueba ARCH:

Hipótesis nula: los residuos no presentan un proceso ARCH

Estadístico F	0.025088	Probabilidad	0.874450
Obs*R-cuadrada	0.025555	Probabilidad	0.872992

Elaboración propia.

Cuadro A-28
Evaluación del pronóstico para la serie LEM

Muestra pronosticada: 1997M01 2009M03

Muestra ajustada: 2000M02 2009M03

Observaciones incluidas: 109

Variable Pronosticada: LIMONF

Raíz del Error Cuadrático Medio	2.744955
Error Absoluto Medio	2.050071
Error Absoluto Medio Porcentual	5.908760
Coficiente de Desigualdad de Theil	0.035937
Proporción de Bias	0.007110
Proporción de la varianza	0.002967
Proporción de la covarianza	0.989922

Elaboración propia.

Cuadro A-29
Precio por Caja de 20 Kg Manzana Golden Delicious (Importación)
Enero 2003 - Diciembre 2008 para Morelia

Año: mes	Precio	Año: mes	Precio
2003:01	14.67	2006:02	15.86
2003:02	14.82	2006:03	14.48
2003:03	13.84	2006:04	14.22
2003:04	13.91	2006:05	15.45
2003:05	14.26	2006:06	16.00
2003:06	13.92	2006:07	17.45
2003:07	13.67	2006:08	18.43
2003:08	14.19	2006:09	19.92
2003:09	15.31	2006:10	18.14
2003:10	16.14	2006:11	20.10
2003:11	15.53	2006:12	21.03
2003:12	15.78	2007:01	20.11
2004:01	15.72	2007:02	19.79
2004:02	16.57	2007:03	18.88
2004:03	17.34	2007:04	18.50
2004:04	17.62	2007:05	19.16
2004:05	17.26	2007:06	20.71
2004:06	16.66	2007:07	21.50
2004:07	16.36	2007:08	21.50
2004:08	18.44	2007:09	22.53
2004:09	18.40	2007:10	21.72
2004:10	16.40	2007:11	22.80
2004:11	15.14	2007:12	20.95
2004:12	15.91	2008:01	21.00
2005:01	14.07	2008:02	19.45
2005:02	13.99	2008:03	18.21
2005:03	13.72	2008:04	18.10
2005:04	13.56	2008:05	17.90
2005:05	13.50	2008:06	18.29
2005:06	13.30	2008:07	20.46
2005:07	13.25	2008:08	20.75
2005:08	12.82	2008:09	22.90
2005:09	12.00	2008:10	21.00
2005:10	14.57	2008:11	20.76
2005:11	16.83	2008:12	20.05
2005:12	16.91	2009:01	18.93
2006:01	15.44	2009:02	18.00

Fuente: Sistema Nacional de Integración e Información de Mercados (Secretaría de Economía)

Cuadro A-30
Prueba de Raíces Unitarias de los Precios de la Manzana (Serie MANZANA)

Hipótesis nula: MANZANA tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

		Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada		-1.745615	0.4044
Valores críticos:	nivel: 1%	-3.522887	
	nivel: 5%	-2.901779	
	nivel: 10%	-2.588280	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-31
Prueba de Raíces Unitarias de los Precios de la Manzana
(Serie D(LOG(MANZANA)))

Hipótesis nula: MANZANA tiene raíces unitarias

Exógena: Constante

		Estadístico t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentada		-7.594972	0.0000
Valores críticos:	nivel: 1%	-3.524233	
	nivel: 5%	-2.902358	
	nivel: 10%	-2.588587	

*MacKinnon (1996) valor p unilateral.

Elaboración propia.

Cuadro A-32
Correlograma de los residuos del modelo ARIMA para
D(LOG(MANZANA))

Muestra: 2000M01 2009M02

Observaciones incluidas: 110

Probabilidades Ajustadas para 2 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	-0.132	-0.132	0.885	
		2	-0.048	-0.067	1.006	
		3	0.049	0.035	1.136	
		4	-0.186	-0.182	3.019	
		5	-0.003	-0.050	3.019	0.082
		6	-0.036	-0.070	3.093	0.213
		7	-0.103	-0.117	3.714	0.294
		8	0.018	-0.058	3.732	0.443
		9	-0.092	-0.133	4.256	0.513
		10	-0.008	-0.071	4.260	0.642
		11	0.068	-0.010	4.561	0.713
		12	-0.052	-0.077	4.739	0.785
		13	0.084	0.013	5.227	0.814
		14	0.191	0.175	7.794	0.649
		15	-0.051	0.011	7.981	0.715
		16	0.108	0.107	8.859	0.715
		17	0.032	0.094	8.937	0.778
		18	-0.093	0.020	9.623	0.789
		19	0.030	0.052	9.695	0.838
		20	0.024	0.133	9.745	0.880

Elaboración propia.

Cuadro A-33
Correlograma de los residuos al cuadrado del modelo ARIMA para
D(LOG(MANZANA))

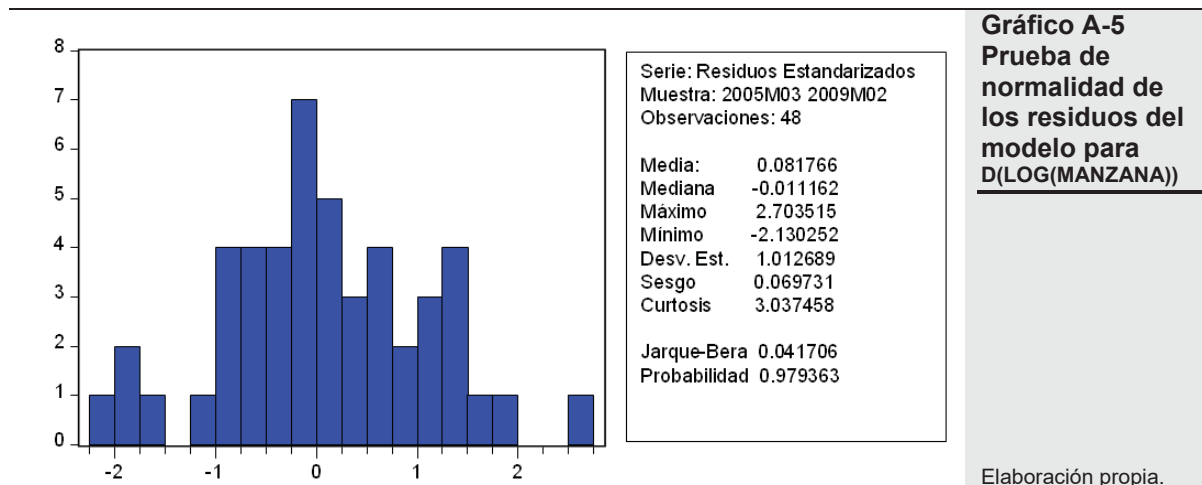
Muestra: 2000M01 2009M02

Observaciones incluidas: 110

Probabilidades Ajustadas para 2 términos ARMA

Autocorrelación	Correlación Parcial		AC	PAC	Est. Q	Prob
		1	0.057	0.057	0.165	
		2	0.003	0.000	0.165	
		3	0.080	0.080	0.508	
		4	0.027	0.018	0.549	
		5	0.028	0.026	0.592	0.441
		6	-0.022	-0.032	0.620	0.733
		7	0.188	0.190	2.698	0.441
		8	-0.090	-0.123	3.184	0.528
		9	-0.142	-0.129	4.426	0.490
		10	0.023	0.012	4.459	0.615
		11	-0.046	-0.039	4.598	0.709
		12	0.028	0.049	4.650	0.794
		13	-0.051	-0.039	4.827	0.849
		14	-0.013	-0.038	4.839	0.902
		15	-0.056	-0.028	5.064	0.928
		16	-0.106	-0.054	5.911	0.920
		17	0.122	0.110	7.063	0.899
		18	-0.070	-0.080	7.456	0.916
		19	-0.003	0.001	7.456	0.944
		20	-0.101	-0.113	8.338	0.938

Elaboración propia.



Cuadro A-34
Prueba de heterocedasticidad condicional autorregresiva del modelo ARIMA de la serie D(LOG(MANZANA))

Prueba ARCH:

Hipótesis nula: los residuos no presentan un proceso ARCH

Estadístico F	0.146753	Probabilidad	0.703462
Obs*R-cuadrada	0.152777	Probabilidad	0.695896

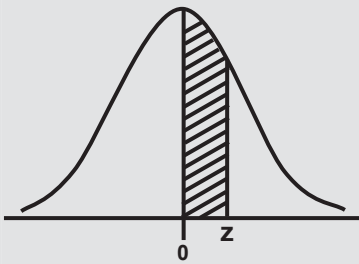
Elaboración propia.

Cuadro A-35
Evaluación del pronóstico para la serie MANZANA

Muestra pronosticada: 2003M01 2009M03
Muestra ajustada: 2005M03 2009M03
Observaciones incluidas: 48
Variable Pronosticada: MANZANAF

Raíz del Error Cuadrático Medio	0.707784
Error Absoluto Medio	0.532363
Error Absoluto Medio Porcentual	3.072583
Coefficiente de Desigualdad de Theil	0.019254
Proporción de Bias	0.000286
Proporción de la varianza	0.000035
Proporción de la covarianza	0.999680

Elaboración propia.



Cuadro A-36
Áreas bajo la curva de Gauss tipificada entre 0 y Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.10	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.20	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.30	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.40	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.50	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.60	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.70	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.80	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.90	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.00	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.10	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.20	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.30	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.40	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.50	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.60	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.70	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.80	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.90	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.00	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.10	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.20	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.30	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.40	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.50	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.60	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.70	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.80	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.90	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.00	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990