

# MEDICIÓN DE RIESGO EN COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Plinio Hernández Barriga<sup>1</sup>

Jaime Otniel Raya Loza<sup>2</sup>

## RESUMEN.

El presente trabajo tiene como objetivo la propuesta de un índice de riesgo aplicable en lo general, a empresas inmersas en el comercio exterior, y en lo particular a comercializadoras de productos agrícolas. El índice de riesgo propuesto pondera la participación de las variables riesgosas a las que se enfrenta la empresa de acuerdo a sus razones financieras. La medición del riesgo de cada variable se obtiene a partir de los residuales (aleatorios y normalmente distribuidos) de su pronóstico mediante la metodología de Box y Jenkins. El índice propuesto se ejemplifica con una empresa real considerando las variables: tipo de cambio, tasas de interés nacional e internacional, así como precios de importación y exportación de productos agrícolas. El índice de riesgo muestra que la tasa de interés nacional resulta la variable de mayor riesgo relativo, de acuerdo a la estructura financiera de la empresa, mientras que el tipo de cambio aparece como la variable más riesgosa en términos absolutos.

**Palabras clave:** Riesgo, comercio exterior, metodología de Box-Jenkins.

## ABSTRACT.

The objective of this work is to propose an enterprise risk index applicable, in general, to international commerce firms and, in particular, to agricultural product commerce companies. The proposed risk index weights the risk variables that the firm must face according to its financial ratios. Each variable risk measure is calculated from the residuals (random and normally distributed) obtained from its forecast according to the Box-Jenkins

---

<sup>1</sup> Profesor – Investigador en el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. E – mail: plinio.umsnh@hotmail.com

<sup>2</sup> Maestro en Ciencias del Comercio Exterior por el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

methodology. An example of the proposed index is carried out from a real firm, considering the exchange rate, national and international interest rates, and import and export agricultural product prices. The risk index shows up that the national interest rate is the riskier variable in relative terms, according to the firm's financial structure, while the exchange rate appears as the riskier variable in absolute terms.

**Key words:** Risk, international commerce, Box-Jenkins methodology.

**Clasificación JEL:** C22, C43, C53, D81

## INTRODUCCIÓN.

Las crisis cambiarias y financieras que se han presentado en los últimos años a nivel mundial advierten de los riesgos existentes de una economía de libre mercado, en especial para los países emergentes con cuentas de capital abiertas. Un colapso cambiario y financiero en un país con altos niveles de dolarización de pasivos es particularmente serio, puesto que sus efectos se ven reflejados en quebrantos bancarios y del sector productivo, vía el efecto de las hojas de balance (Eichengreen y Hausmann, 1999; y Mishkin, 2004).

El endeudamiento en moneda extranjera es una disyuntiva a la que se enfrenta una empresa en una economía global. Puede decidir entre contar con pasivos en moneda nacional, asumiendo sus mayores costos y evitando los riesgos de movimientos adversos en los tipos de cambio, o pagar una tasa de interés externa más competitiva financiándose en moneda extranjera pero asumiendo el riesgo cambiario sobre sus hojas de balance. Además de los riesgos financieros anteriores las empresas del ramo agrícola se enfrentan a las variaciones propias de los precios de los productos primarios.

La cobertura y manejo adecuado contra movimientos adversos de las variables financieras y los precios de los bienes agrícolas pueden determinar el éxito o fracaso de las empresas productoras y comercializadoras de éstos últimos, lo que pone en evidencia la necesidad de un adecuado análisis del riesgo que incorpore la influencia de de dichas variables en sus operaciones comerciales.

Una gestión de riesgo eficaz debe basarse en el empleo de herramientas cuantitativas que cumplan con los principios del análisis estadístico, incorporando la definición, identificación y cumplimiento de los supuestos que subyacen en el mismo.

El presente trabajo propone un método de medición del riesgo que parte del supuesto de que el movimiento de las variables que intervienen en la determinación del riesgo es susceptible de dividirse en dos componentes: el sistemático y el aleatorio. Identificado el primero, el segundo es empleado para la medición del riesgo mediante cálculos de probabilidad estándares.

Se propone la generación de un índice que pondere las variables riesgosas a las que se enfrenta la empresa de acuerdo a sus razones financieras, el índice permite obtener los niveles de riesgo máximo soportado, expresado en términos monetarios para facilitar su interpretación. En el ejemplo empírico se calcula el índice de riesgo de una empresa michoacana comercializadora de frutas y verduras incorporando las variables: tipo de cambio, tasas de interés nacional e internacional, así como precios de importación y exportación de productos agrícolas. El índice de riesgo muestra que la tasa de interés nacional resulta la variable de mayor riesgo relativo, de acuerdo a la estructura financiera de la empresa, mientras que el tipo de cambio aparece como la variable más riesgosa en términos absolutos.

## **EL CONCEPTO DE RIESGO.**

Toda actividad humana se realiza en un entorno contingente, por lo que es susceptible de eventos desfavorables, lo que da lugar a la existencia del riesgo. Vilariño (2001) define al riesgo como una situación de posible pérdida, esto implica la posibilidad de un hecho que no se sabe si sucederá o no, puesto que si se sabe con certeza que va a suceder, no se trata de contingencia ni de riesgo, sino de un quebranto ya realizado.

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 (Arcidiácono, 2004).

Hardaker (2000) realiza un análisis de las distintas definiciones y concluye que el riesgo no solo debe ser visto como un posible mal resultado, sino a la posibilidad de que ocurra algo no esperado o "no preferido". Al entender el riesgo como una pérdida potencial por encima de un resultado esperado, proyectado o calculado, se hace uso, implícitamente, de conceptos del campo de la probabilidad, sentando un antecedente importante para el estudio del riesgo en términos estadísticos.

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, siempre es necesario delimitar y hablar de riesgos en ámbitos más restringidos, según diferentes actividades, horizontes temporales y funciones (Vilariño, 2001).

## MEDICIÓN DE RIESGOS.

Hardaker (2000) señala que 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.

De acuerdo con la hipótesis de la 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 ponderadores 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.

El objetivo de la medición de riesgos es proporcionar una estimación razonablemente precisa del riesgo de mercado, para ello se han desarrollado diferentes metodologías, entre las que destaca la medición del Valor en Riesgo, como uno de los instrumentos más utilizados para calcular el riesgo. Así mismo, existen diferentes métodos para obtener el valor en riesgo, los cuales varían con respecto a la exactitud, la facilidad de aplicación y el tiempo que requiere cada uno de estos (Manfredo y Leuthold, 2001).

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. El VaR se define como la estimación de la pérdida máxima que puede tener la posición de una cartera, con un determinado horizonte temporal y un de-

terminado nivel de confianza. Al decir “nivel de confianza” implícitamente, se supone que las pérdidas de la cartera pueden modelarse mediante la estadística y probabilidad. 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 y RiskMetrics, entre otros.

A pesar de ser ampliamente utilizada en los sectores financiero y energético, el empleo del Valor en Riesgo ha quedado a la zaga en el sector agrícola ya que sólo algunos de los grandes conglomerados agrícolas usan el VaR en su gestión de riesgos. La gestión de riesgos agrícolas empleando el VaR, en lugar de la tradicional varianza respecto de la media como medida de riesgo de precio, ofrece la ventaja de separar el potencial de grandes beneficios contra el riesgo de grandes pérdidas, distinción que la simple varianza no es capaz de hacer (Hawes, 2003).

## PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE RIESGO.

En la presente propuesta partimos de la definición del riesgo como la probabilidad de resultados no deseados. La evaluación del riesgo se hará mediante el cálculo de probabilidades, para lo cual se emplea el análisis de series de tiempo a partir del cual es factible la separación de los patrones sistemáticos y el comportamiento aleatorio de una variable. El riesgo estará determinado por el comportamiento aleatorio, que al distribuirse normalmente permitirá el empleo de la distribución gaussiana para el cálculo de probabilidades de resultados no deseados.

El comportamiento de una variable  $Y$  en el tiempo dependerá del comportamiento de su tendencia  $T$ , su comportamiento estacional  $E$ , su comportamiento cíclico  $C$  y su comportamiento aleatorio  $U$ .

$$Y_t = T + E + C + U \quad (1)$$

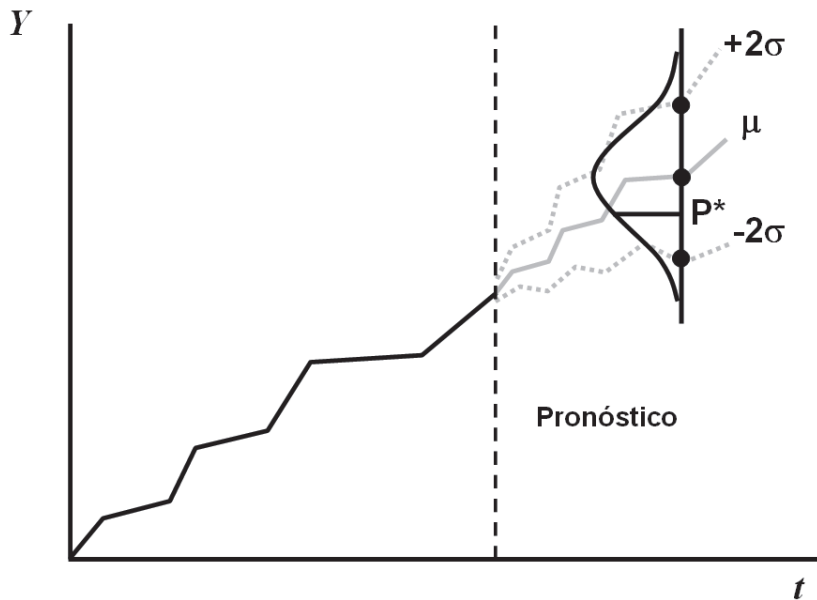
Identificando los tres componentes iniciales de la ecuación puede despejarse el elemento aleatorio que, al no ser predecible como los anteriores, puede tomarse como el elemento generador de riesgo de la variable en cuestión. Sin embargo, para que el elemento aleatorio pueda ser empleado para el cálculo de probabilidades de riesgo es necesario que cumpla con los supuestos estadísticos de normalidad, media y varianza constantes. Esto es:

$$U \sim N(0, s^2) \quad (2)$$

Siempre que el elemento aleatorio cumpla con los supuestos anteriores el riesgo, definido como la probabilidad de resultados adversos, puede ser cuantificable como la probabilidad de que una variable específica pueda sobrepasar o caer por debajo de un valor deseado. En el caso de los precios de los productos agrícolas el riesgo radica en que los precios de compra y venta se den por debajo de los precios de equilibrio (aquellos que permitan cubrir los costos y obtener una utilidad mínima aceptable). En el caso de las tasas de interés el riesgo subyace en que éstas suban más allá de la tasa de interés de equilibrio (que permita el pago de las obligaciones financieras de las empresas). En el caso de los tipos de cambio el riesgo recae en la posibilidad de que la volatilidad del tipo de cambio afecte adversamente el valor de los pasivos y activos en moneda nacional y extranjera.

En el cálculo del riesgo propuesto se incorporarán el valor esperado y desviación estándar de la variable en cuestión, obtenidos a partir del pronóstico de la misma, así como el valor deseado por el agente económico ( $P^*$ ). Con estos datos, y dado que el valor esperado de la variable se distribuye normalmente, puede emplearse la fórmula estándar de la distribución gaussiana para calcular una probabilidad de riesgo (ver Figura 1).

**Figura 1.**  
**Cálculo del Riesgo.**



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1 se esquematiza la propuesta de medición del riesgo. A partir de la información estadística disponible de la variable de interés, representada por la línea sólida negra, se aplica el análisis de series de tiempo para la obtención de su pronóstico (valor esperado), representado a partir de la línea vertical punteada por la línea sólida gris. En el misma figura se incluye el intervalo de confianza que se genera a partir de sumar y restar dos desviaciones estándar del pronóstico puntual de la variable, que dada la distribución normal que muestran los residuales del modelo representa aproximadamente un nivel de confianza de 95%. El cálculo del riesgo consiste en obtener la probabilidad de que el valor esperado de la variable de interés caiga (suba) por debajo (arriba) del valor deseado  $P^*$  de la misma. En caso de que el riesgo fuera un valor menor (mayor) al esperado, el riesgo sería igual a la probabilidad obtenida de calcular el área debajo de la curva de distribución normal a la izquierda (derecha) de dicho valor.

## LA METODOLOGÍA DE SERIES DE TIEMPO.

La separación de los elementos sistemático y aleatorio de las variables que intervienen en la estructura de activos y pasivos de las empresas, permite el cálculo del riesgo al que están expuestas. El análisis de riesgo propuesto, requiere del cálculo del pronóstico de las variables para establecer sus valores mínimos y máximos esperados permitiendo así la determinación de niveles de confianza y probabilidades de malos resultados.

El análisis de los elementos aleatorios y sistemáticos de una serie estadística puede lograrse mediante el empleo de la metodología de Box y Jenkins (1970). Esta metodología requiere únicamente la información del comportamiento pasado de la variable de estudio para realizar el pronóstico de la misma (comportamiento sistemático), permitiendo así la obtención del elemento aleatorio (residuales del modelo) que determinará el riesgo de la misma. La metodología de Box y Jenkins permite 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. El método consiste básicamente en cuatro pasos (Diebold, 2001):

- 1) Análisis de raíces unitarias: identificación del valor d.
- 2) Identificación y estimación: encontrar los valores apropiados de p y q.
- 3) Verificación de diagnóstico: después de seleccionar un modelo ARMA o ARIMA particular y de estimar sus parámetros, se verificará si el modelo seleccionado se ajusta a los datos en forma razonablemente

- buena, siguiendo un principio de parsimonia. Además se aplicarán pruebas sobre normalidad, no autocorrelación y no heteroscedasticidad.
- 4) Predicción: en ésta etapa se establecerá un intervalo de confianza para los pronósticos obtenidos de la aplicación de éste proceso, que permitirá el cálculo del riesgo.

Los modelos de series de tiempo deben iniciar con el análisis de estacionariedad de las series empleadas, definiendo el grado de integración de las series a partir del análisis de raíces unitarias (Charemza y Deadman, 1997).

El proceso estocástico de raíz unitaria, se define como:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (3)$$

donde  $u_t$  es un término aleatorio que cumple con los supuestos especificados en (2).

Se sabe que si  $r=1$ , es decir, en el caso de la raíz unitaria, (1) se convierte en un modelo de caminata aleatoria sin variaciones, siendo un proceso estocástico no estacionario.

La prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller (1979), propone la verificación de la estacionariedad de una serie a partir de la regresión de la primera diferencia de la variable en función de su rezago contrastando la hipótesis nula de que  $d=0$ :

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + U_t \quad (4)$$

El procedimiento de implementar la prueba DF involucra diversas decisiones. Un proceso de caminata aleatoria tal vez no tenga variaciones, o quizá sí, o posiblemente tenga tendencias deterministas y estocásticas. A fin de permitir las distintas posibilidades, la prueba DF se estima bajo tres distintas hipótesis nulas:

$Y_t$  es una caminata aleatoria:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

$Y_t$  es una caminata aleatoria con variaciones:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$



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

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

donde  $t$  es el tiempo o la variable de tendencia. En cada caso, la hipótesis nula es que  $d=0$ ; es decir, existe una raíz unitaria y la serie de tiempo no es estacionaria, *versus* la hipótesis alternativa que  $d<0$ ; es decir, la serie de tiempo es estacionaria (Gujarati, 2004).

Dickey y Fuller desarrollaron una prueba cuando el término de error  $u$  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 (3), (4) y (5) los valores rezagados de la variable  $Y$ . Partiendo de la ecuación (5), la prueba ADF consiste en estimar la siguiente regresión:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

donde  $\varepsilon_t$  es un término de error puro considerado ruido blanco (cumple con (2)). El número de términos de diferencia rezagados que se debe incluir se determina de manera empírica, tratando de incluir los términos suficientes para que el término de error en (8) no se encuentre serialmente correlacionado. En la prueba ADF se sigue evaluando la hipótesis  $d=0$ .

La presencia de raíces unitarias puede tratarse por medio de la transformación de las series de tiempo, principalmente a través del cálculo de las primeras diferencias absolutas o de sus logaritmos (Ludlow, 1997). Una vez obtenida una serie estacionaria el proceso siguiente es encontrar el modelo ARMA correspondiente a la serie estadística, para ello se lleva a cabo un estudio exploratorio con base en el análisis de las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales de la serie.

El modelo ARMA se compone de variables autorregresivas (AR) y de variables de promedios móviles (MA). Los procesos AR se computan introduciendo a la variable de estudio con  $n$  periodos de rezago como la variable explicativa, mientras que los procesos MA se logran al introducir los residuos del modelo, en un proceso de dos etapas, como variable explicativa con  $n$  rezagos. Así, el modelo ARMA ( $p, q$ ) puede expresarse en los siguientes términos.

$$Y_t = \beta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + U_t + \theta_1 U_{t-1} + \dots + \theta_q U_{t-q} \quad (9)$$

$$U_t \sim N(0, s^2)$$

El procedimiento para decidir sobre la presencia o no de un proceso AR se basa en la búsqueda de coeficientes estadísticamente significativos en la función de autocorrelación de los residuos de la media o de la función de regresión. La función de autocorrelación de orden  $n$  se describe como:

$$U_t = p_1 U_{t-1} + \dots + p_n U_{t-n} \quad (10)$$

El método para decidir sobre la presencia o no de un proceso MA se basa en la búsqueda de coeficientes estadísticamente significativos en la función de autocorrelación parcial de los residuos de la media o de la función de regresión. La función de autocorrelación parcial de orden  $n$  se describe como:

$$U_t = p_n U_{t-n} \quad (11)$$

Se supone que los residuales del modelo de series de tiempo sean esféricos, es decir, que no se encuentren autocorrelacionados, que sean homoscedásticos y que se distribuyan normalmente. Por lo tanto, una vez encontrado el modelo ARMA el paso siguiente debe ser la validación de dichos supuestos.

El supuesto de autocorrelación puede verificarse por medio del correlograma de los residuales del modelo, esta herramienta nos indica si éstos se encuentran autocorrelacionados o si se comportan como ruido blanco, para ello se emplea la función de autocorrelación (10).

Cabe destacar que por la naturaleza del modelo ARMA pruebas individuales de heteroscedasticidad, 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 heteroscedasticidad condicional autorregresiva (ARCH, por sus siglas en inglés), mediante la siguiente regresión auxiliar de los residuos al cuadrado del modelo:

$$U_t^2 = \gamma_0 + \phi_1 U_{t-1}^2 + \dots + \phi_n U_{t-n}^2 \quad (12)$$

Finalmente, la prueba de normalidad de los residuales del modelo, se verifica mediante la prueba de Jarque-Bera (1980) 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:

$$JB = \frac{n}{6} \left[ S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right] \quad (13)$$

Habiendo cumplido el modelo de series de tiempo con los supuestos, se procede a evaluar la capacidad del modelo para el pronóstico, para lo que se emplea el coeficiente de Theil (1966), según la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de Theil} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n+1} \sum (\hat{Y}_t - Y_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n+1} \sum \hat{Y}_t^2} + \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum Y_t^2}} \quad (14)$$

Para que un modelo sea adecuado para el pronóstico, el valor del coeficiente de Theil debe ser inferior a 0.2 (Pindyck y Rubinfeld, 2001).

Los pronósticos nos indican un valor sistemático que puede adoptar la variable en cuestión, al cumplir con el supuesto de normalidad de los residuales (elemento aleatorio), se asume que presenta las características de una variable normalmente distribuida, por lo cual puede establecerse un intervalo de confianza, siguiendo los criterios de dicha distribución.

## EJEMPLO EMPÍRICO DE MEDICIÓN DEL RIESGO.

En este apartado se realiza un ejemplo empírico real de una empresa michoacana comercializadora de frutas y verduras<sup>3</sup>. En el ejemplo se analiza el riesgo precio de la exportación de limón al mercado estadounidense, particularmente al estado de California, el riesgo precio de la importación de manzana golden de primera calidad a venderse en el estado de Michoacán, el riesgo financiero en moneda extranjera, el riesgo financiero en dólares, así como el riesgo de movimientos adversos en el tipo de cambio según la estructura de pasivos y activos de la empresa.

Primeramente se calcula la probabilidad del riesgo presente ante las variaciones del tipo de cambio peso mexicano / dólar estadounidense (MXP/USD), utilizando como indicador 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.

Como primer paso para el pronóstico de la serie, se realiza la prueba de raíces unitarias, la cual indica que la serie en nivel no es estacionaria, razón por la cual se transforma obteniendo la primera diferencia de su logaritmo. Teniendo ya una serie estacionaria, se procede a encontrar el modelo ARMA, 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

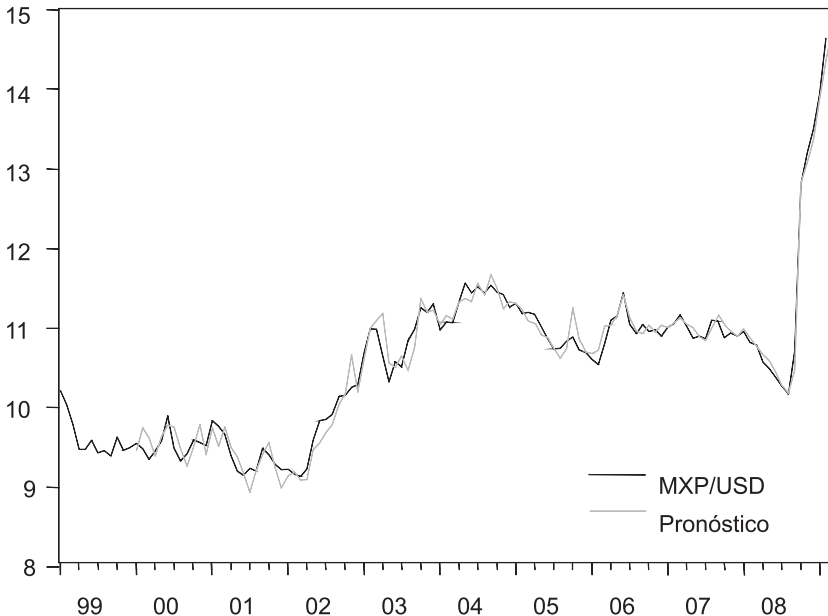
<sup>3</sup> Se omite la información específica de la empresa por haber sido acordado así con la gerencia de la misma.

después a la especificación del modelo. En este caso se tuvo que utilizar una variable dicotómica para solucionar el problema que representa el salto atípico que se observa en 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 y uno de medias móviles de orden 35, así como un proceso ARCH de orden 5. El modelo arroja una  $R^2$  ajustada del 65.79%.

Los correlogramas de los residuos estandarizados y de los residuos estandarizados al cuadrado del modelo, muestran que los residuales del modelo ARMA no se correlacionan entre sí. Así mismo, el modelo cumple los principios de normalidad y homoscedasticidad de los residuos. La bondad de ajuste del pronóstico se analizó según el coeficiente de Theil siendo estadísticamente significativo.

### Gráfico 1.

#### Tipo de cambio nominal mxp/usd, observado y pronóstico ene/99-mar/09.



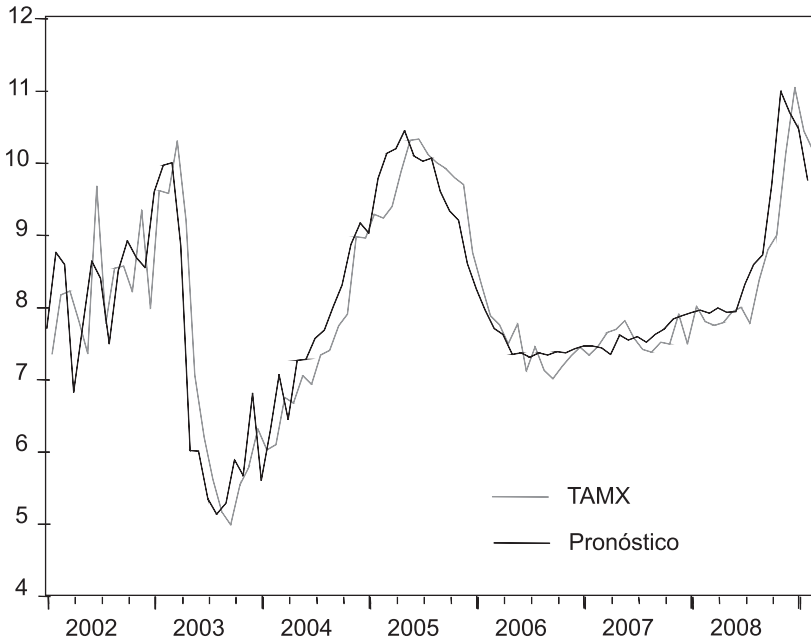
Fuente: Elaboración propia con base en Banxico, Indicadores Económicos.

El gráfico 1 presenta el tipo de cambio mensual observado contra su pronóstico, en el cual es posible observar el nivel de ajuste. Además del pronóstico, el análisis de series de tiempo proporciona también un cálculo de la desviación estándar con la que es posible calcular el intervalo de confianza el cual queda de la siguiente forma a marzo de 2009:

Pronóstico MXP/USD, marzo de 2009	
Pronóstico:	14.7695
Desviación estándar:	0.1386
Valor mínimo esperado:	14.4923
Valor máximo esperado:	15.0467

Para el caso de la tasa de interés, se considera la tasa de interés activa en México (TAMX) cuyos datos fueron obtenidos del Fondo Monetario Internacional, asumiendo que ésta es la tasa a la que están sujetos los pasivos de una empresa comercializadora.

Se aplica el mismo procedimiento, resultando que 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  $R^2$  ajustada de 58.25%. El modelo especificado pasa las pruebas de no autocorrelación, normalidad y homoscedasticidad, así como la evaluación de la bondad de ajuste para el pronóstico

**Gráfico 2.****Tasa de interés activa en México, observada y pronóstico ene/02-mar/09.**

Fuente: Elaboración propia con base en IMF, International Financial Statistics.

En el gráfico 3 puede observarse el nivel de ajuste del pronóstico, a partir del cual pueden obtenerse los siguientes estadísticos para marzo del 2009:

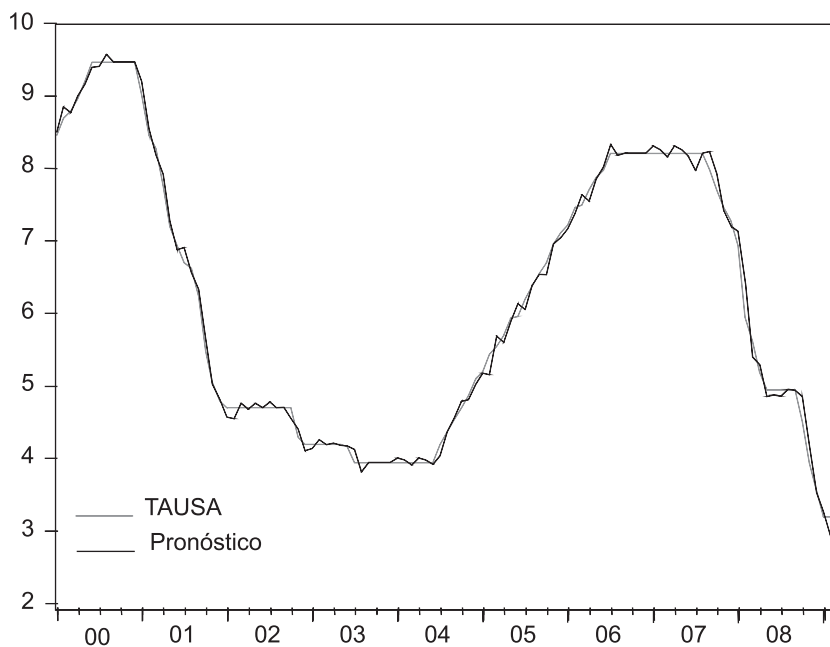
Pronóstico TAMX, marzo de 2009	
Pronóstico de la media:	9.9158 %
Desviación estándar:	0.5713%
Valor mínimo esperado:	8.7732%
Valor máximo esperado:	11.0585%

Para calcular la probabilidad de riesgo de interés en moneda extranjera (TAUSA), se considera la tasa de interés activa en Estados Unidos con datos del FMI, considerando el promedio mensual del rendimiento anual. Se realizan las pruebas de raíces unitarias determinando que la serie

es estacionaria en la primera diferencia de su logaritmo, la especificación del modelo 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%. Evaluado el modelo y habiendo pasado las pruebas de no autocorrelación, normalidad, homoscedasticidad y la evaluación de bondad de ajuste del pronóstico, se computó su valor esperado futuro, el cual se muestra en el gráfico 3.

### Gráfico 3.

**Tasa de interés activa en estados unidos, observada y pronóstico ene/00-mar/09.**



Fuente: Elaboración propia con base en IMF, International Financial Statistics.

Pronóstico TAUSA, marzo de 2009	
Pronóstico de la media:	3.2948 %
Desviación estándar:	0.1776%
Valor mínimo esperado:	2.9395%
Valor máximo esperado:	3.6501%

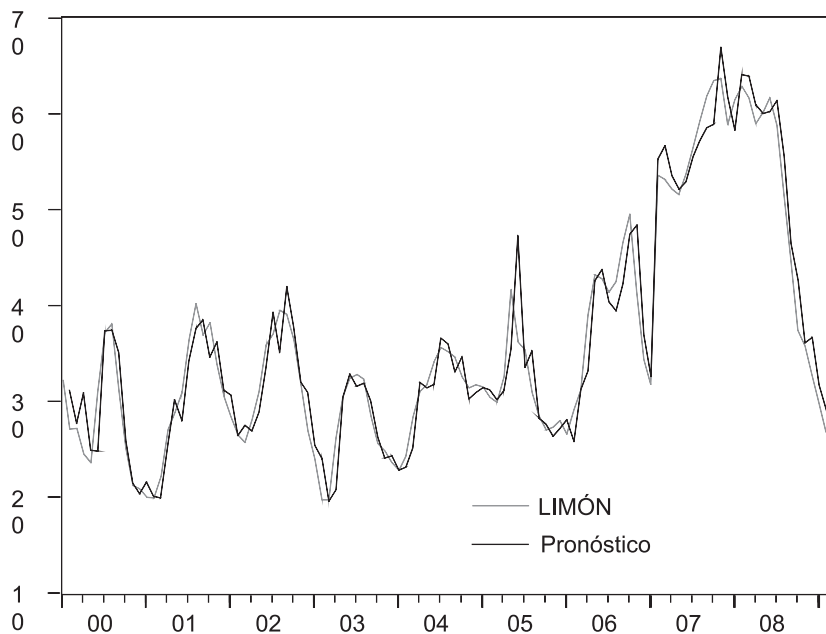
Como parte de los factores de riesgo de la empresa comercializadora, se considera el precio del producto de exportación, que en este caso se limita al limón fresco (LIMÓN), considerando el precio promedio mensual en dólares por caja de 76 lbs., para el estado de California, que es el lugar destino de exportación, obtenido del Servicio Nacional de Estadísticas de Agricultura (*National Agricultural Statistics Service*) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*).

En el gráfico 4, puede apreciarse que la serie presenta un comportamiento cíclico anual observable hasta el año 2007, cuando se presenta un salto que modifica el comportamiento del precio, 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 consistente en una variable dicotómica, dos procesos AR de orden 29 y 36, un proceso MA 1, un MA 3 estacional, procesos ARCH de orden 1, 2 y 3 así como un proceso GARCH de orden 1. Habiendo pasado las pruebas sobre los supuestos y teniendo buena evaluación respecto a su capacidad de pronóstico, se procedió al cálculo del valor esperado futuro de la variable, que se presenta a continuación.

Pronóstico LIMÓN, marzo de 2009	
Pronóstico de la media:	26.3538
Desviación estándar:	2.2757
Valor mínimo esperado:	21.8024
Valor máximo esperado:	30.9053



**Gráfico 4.**  
**Precio del limón en estados unidos, observado y pronóstico**  
**ene/00-mar/09.**



Fuente: Elaboración propia con base en USDA, National Agricultural Statistics Service.

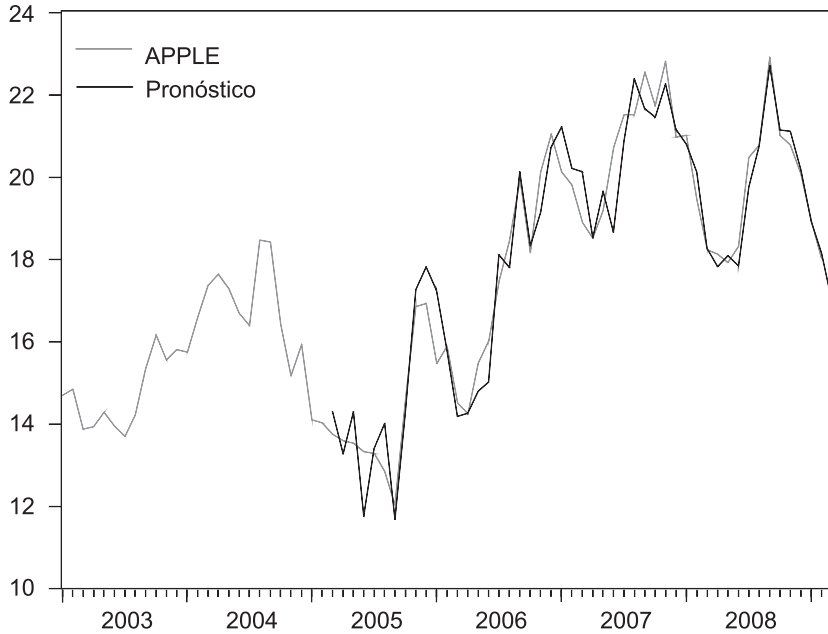
En la determinación de la probabilidad de riesgo por la volatilidad de los precios de productos agrícolas de importación, se considerarán los precios de la manzana golden de primera calidad (APPLE), por caja de 20kg con base en los datos obtenidos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados de la Secretaría de Economía en México.

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, por lo que se trabajó con tal variación para la especificación del modelo, el cual 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%.

Evaluated el modelo y habiendo pasado las pruebas de no autocorrelación, normalidad, homoscedasticidad y la evaluación predictibilidad, se calcula el pronóstico cuyo ajuste se muestra en el gráfico 5 arrojando los siguientes resultados:

Pronóstico APPLE, marzo de 2009	
Pronóstico de la media:	16.9204
Desviación estándar:	1.1060
Valor mínimo esperado:	14.7085
Valor máximo esperado:	19.1324

**Gráfico 5.**  
**Precio de la manzana en México, observado y pronóstico**  
**ene/03-mar/09.**



Fuente: Elaboración propia con base SE, Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados.

## 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 éste caso, marzo de 2009), agrupando los resultados de las cinco variables puede construirse el siguiente cuadro:

### Cuadro 1.

#### 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

Fuente: Elaboración propia

Los pronósticos de la media y la desviación estándar permitirán utilizar la fórmula de estandarización de la distribución normal  $Z$  (15) y calcular una probabilidad de riesgo de cada una de las variables, puesto que ya se cuenta con los elementos necesarios para emplearla:

$$Z = \frac{X - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (15)$$

Donde:

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

$\hat{\mu}$  = 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.

Para mostrar la utilidad de los pronósticos en la determinación de las probabilidades de riesgo, el Cuadro 2 analiza los escenarios en los que se pueden emplear; para éste estudio se considerará la situación financiera de una empresa comercializadora de productos agrícolas que exporta limón al estado de California e importa manzana golden al estado de Michoacán; se tendrá 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 ambas monedas.




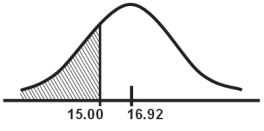
Como primer paso, se elige el precio de equilibrio o de ganancia deseada que corresponda a la variable, se realiza la representación gráfica del cálculo de probabilidad deseado y se aplican

### Cuadro 2. (1 de 2)

#### Determinación de la probabilidad de riesgo por variable con base en el pronóstico.

Variable	Representación gráfica	Cálculo de probabilidad
Riesgo por aumento del tipo de cambio P*=\$14.63		$Z = \frac{P^* - \bar{\mu}}{\bar{\sigma}}$ $Z = \frac{14.6361 - 14.7695}{0.1386}$ $Z = -0.9625$ <p>De la tabla de distribución estándar Z:</p> $a = 0.3315$ <p>Valor del área por encima de P*:</p> $p(P > P^*) = 0.5 + 0.3315 = 0.8315$ $p(P > P^*) = 83.15\%$

**Cuadro 2. (2 de 2)****Determinación de la probabilidad de riesgo por variable con base en el pronóstico.**

Variable	Representación gráfica	Cálculo de probabilidad
Riesgo por disminución de tipo de cambio $P^* = \$14.63$		$p(P < P^*) = 16.85\%$
Riesgo por aumento de la tasa de interés nacional $P^* = 10.50\%$		$Z = 1.0225$ $a = 0.3461$ $p(P > P^*) = 15.39\%$
Riesgo por aumento de la tasa de interés internacional $P^* = 3.55\%$		$Z = 1.4363$ $a = 0.4251$ $p(P > P^*) = 7.49\%$
Riesgo por disminución del precio del limón en California $P^* = \$23.00$ US		$Z = 1.4738$ $a = 0.4292$ $p(P < P^*) = 7.08\%$
Riesgo por disminución del precio de la manzana en Michoacán		$Z = 1.7364$ $a = 0.4591$ $p(P < P^*) = 4.09\%$

Elaboración propia.

**ÍNDICE DE RIESGO DE COMERCIO EXTERIOR.**

Además del cálculo de probabilidades, se propone un índice general de riesgo para la empresa comercializadora, en el que se incluye el riesgo por volatilidad de las variables, que 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:

$$\rho = p(\nabla P_f) \left( \frac{I_f}{A_{total}} \right) + p(\Delta i_{mn}) \left( \frac{Pas_{mn}}{A_{total}} \right) + p(\Delta i_{me}) \left( \frac{Pas_{me}}{A_{total}} \right) + \begin{cases} p(\Delta tc) \left( \frac{Pas_{me} - A_{me}}{A_{total}} \right) & \text{si } (Pas_{me} > A_{me}) \\ p(\nabla tc) \left( \frac{A_{me} - Pas_{me}}{A_{total}} \right) & \text{si } (Pas_{me} < A_{me}) \end{cases} \quad (16)$$

Donde:

- $\rho =$  Índice de riesgo de comercio exterior.
- $p(\nabla P_f)$  Probabilidad de que el precio del producto agrícola f sea menor al 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 sobre el nivel esperado.
- $Pas_{mn} =$  Total de pasivos en moneda nacional.
- $p(\Delta i_{me}) =$  Probabilidad de que la tasa de interés internacional sea mayor al 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 muestra un valor global de riesgo de la empresa; se consideraron los incrementos y disminuciones en el tipo de cambio, de ahí que solo se observe 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 compensa o viceversa, de manera que se elimina la duplicidad de probabilidades de riesgo.

El índice ha sido ponderado con razones financieras con la finalidad de que sea lo más preciso posible con respecto a la situación general de la empresa de manera que  $r$  determinará la suma de probabilidades ponderadas de que ocurran resultados no deseados derivados del comercio exterior en relación a la situación financiera total de la empresa a una fecha determinada.

### Cuadro 3.

#### Ponderadores del índice de riesgo de comercio exterior.

Razón	Proporción
Inventario (manzana) sobre inversión total	7.28%
Inventario (limón) sobre inversión total	10.92%
Pasivos en moneda nacional sobre inversión total	26.36%
Pasivos en moneda extranjera sobre inversión total	9.13%
Activos menos pasivos en moneda extranjera sobre inversión total	6.01%

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las ponderaciones, y las probabilidades de riesgo se puede obtener el índice de riesgo de comercio exterior aplicando la fórmula (16):

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

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

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

$$\rho = 6.82\%$$

Como puede apreciarse en los resultados del índice de riesgo del caso aplicado, la empresa presenta un riesgo de precio relativamente alto, si se considera el criterio discrecional del 5% máximo. 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.

La segunda variables más riesgosa es el tipo de cambio que indica 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.

Los riesgos de precio parecen ser significativos de manera individual, ya que la probabilidad de disminución de precios de ambos es baja, no obstante, juntos representan un 1% en total cuando ya han sido ponderados, por lo cual no debe dejar de prestarse atención a estos movimientos; mismo caso el del riesgo de interés internacional cuya proporción 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 significativos de riesgo, siendo el nivel de financiamiento en moneda nacional la variable más riesgosa, ya que impacta en casi un 60% del total del índice.

## **RIESGO MÁXIMO SOPORTADO.**

La empresa debe analizar y determinar cuál es el riesgo máximo que está dispuesta a asumir antes de tomar decisiones, para ello, el gestor de riesgo podrá auxiliarse en los niveles de riesgo obtenidos. Como criterio discrecional se ha considerado un riesgo máximo de comercio exterior de 5%.

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. 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:

$$\text{Nivel límite de activo/pasivo } (\%)_k = \frac{\text{Límite de riesgo soportado}_k}{\text{Probabilidad de riesgo}_k} \quad (17)$$



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

Con la fórmula (17) 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.

Por otra parte, si se requiere conocer los límites de riesgo en términos monetarios, solo se tendría que multiplicar la proporción obtenida con (17) por el activo total:

$$\text{Nivel límite de activo/pasivo } (\$)_k = \frac{\text{Límite de riesgo soportado}_k}{\text{Probabilidad de riesgo}_k} \times \text{Activo total} \quad (18)$$

Con el cálculo de este indicador, es posible establecer estrategias de reducción de los riesgos de comercio exterior, adecuadas a la situación particular de la empresa, dado que puede ampliarse o reducirse de acuerdo a cada caso, sin olvidar la limitante de la predictibilidad de las variables. Así mismo, la información que proporciona justifica la inversión de tiempo que puede implicar el cálculo de los pronósticos por series de tiempo.

## CONCLUSIONES.

La propuesta de medida de riesgo para las empresas comercializadoras de productos agrícolas muestra un panorama general de las probabilidades de obtener resultados no deseados para la empresa en relación con su situación financiera. Sin embargo, las variables presentan diferentes características: las variables como el tipo de cambio y las tasas de interés son exógenas en el sentido de que no son negociables y la empresa se encuentra sujeta a éstas siempre y cuando posea pasivos en moneda extranjera, o nacional; por otra parte, los precios son variables susceptibles de negociación ya que pueden reducirse o incrementarse, dependiendo de las habilidades del gestor comercial, lo que da a la empresa oportunidad de su reducir su riesgo

de precio a través de la negociación.

Algunos de los modelos de pronóstico incluyeron variables binarias, lo que revela la importancia de los tiempos de crisis financieras en la determinación del riesgo. Los pronósticos de series de tiempo serán más eficaces bajo condiciones normales. Sin embargo, el empleo de variables binarias puede emplearse no solo para modelar eventos extraordinarios en el pasado, sino que puede emplearse para evaluar el riesgo bajo escenarios futuros extremos, con lo que puede aportarse mayor información para la toma de decisiones.

Finalmente, es necesario mencionar que la finalidad del análisis de riesgo es la cobertura y no el financiamiento; en repetidas ocasiones las empresas pueden incursionar en el mercado de derivados, sin ser éste su giro, lo que las lleva a la quiebra por su mala utilización. Estas prácticas 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 siempre será contingente, por lo que difícilmente ha de caber en un solo cálculo, no hay que perder de vista que un modelo es sólo una representación de la realidad, que puede ayudar a comprenderla y a tomar decisiones, pero con mucha dificultad podrá contenerla en su totalidad, 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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Anderson, J., Dillon J. y Hardaker J. (1977): *Agricultural Decision Analysis*, Iowa State University Press, Ames.
- Arcidiácono, M. (2004): *Gestión de riesgo en las empresas agro-exportadoras. Utilización de instrumentos derivados y modelos de simulación: Monte Carlo*, Bolsa de Comercio de Rosario.
- Box, G. y Jenkins, G., (1970): *Time series analysis: forecasting and control*, Holden-Dayz.
- Charemza, W. y Deadman, D., (1997): *New directions in econometric practice*, Edward Elgar
- Dickey, D. y Fuller, W., (1979): "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root," *Journal of the American Statistical Association*, 74.

- Diebold, F. (2001): Elementos de pronósticos, Thomson.
- Eichengreen, B. y R. Hausmann, (1999): "Exchange rates and financial fragility" *NBER Working Paper*, No. 7418.
- Enders, W. (1995): *Applied Econometric Time Series*, Wiley
- Gujarati, D., (2004): *Econometría*, cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill.
- Hardaker, J. (2000): *Some Issues in Dealing with Risk in Agriculture*, University of New England, Graduate School of Agricultural and Resource Economics
- Hawes, C. (2003): *Value at Risk: Agricultural Processor Procurement and Hedging Strategies*, North Dakota State University of Agriculture and Applied Science.
- Jarque, C. y Bera, A., (1980): "Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals". *Economics Letters* 6 (3).
- Ludlow, J., (1997): *Modelos, Pronósticos y Volatilidad de las Series de Tiempo Generadas en la Bolsa Mexicana de Valores*, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Manfredo, M. y Leuthold, R. (2001), *Agricultural Applications of Value-at-Risk Analysis: A Perspective*, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Mishkin F., (2004): "Can inflation targeting work in emerging market countries?" *NBER Working Paper*. No. 10646.
- Phillips, P. y Perron P., (1988): "Testing for a unit root in time series regression," *Biometrika*, 75.
- Pindyck, R. y Rubinfeld, D., (2001): *Econometría, modelos y pronósticos*, 4a Ed. Mc Graw Hill.
- Theil, H. (1967): *Economics and Information Theory*. Rand McNally and Company
- Vilariño, Á., (2001): *Turbulencias Financieras y Riesgo de Mercado*, Ed. Prentice Hall, España
- White, H., (1980): "A heteroscedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroscedasticity". *Econometrica* 48 (4).