



Julio 2019 - ISSN: 1696-8352

## “HERRAMIENTAS MATEMÁTICAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS DE PRECIO. CASO EMPRESA CUBAZUCAR”

**Lic. María Carla Collazo Pire.**

Maestría de Comercio y Finanzas Internacionales, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona y  
Empresa Suncapital S.A, Barcelona, España.  
mcarla9206@gmail.com

**Dra. Lourdes Souto Anido.**

Departamento de Ciencias Empresariales, Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba.  
lourdes@fec.uh.cu

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

María Carla Collazo Pire y Lourdes Souto Anido (2019): “Herramientas matemáticas para el análisis de riesgos de precio. Caso empresa Cubazucar”, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana (julio 2019). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2019/07/riesgos-precio-cubazucar.html>

### Resumen

El inestable panorama económico-financiero internacional exige a las empresas una actitud proactiva ante los riesgos y su eficiente administración, en aras de mejorar sus rendimientos e incrementar su valor. Cuba en su condición de economía pequeña y abierta, no se encuentra ajena a esta realidad. En especial las empresas encargadas de realizar las operaciones de comercio exterior, son altamente vulnerables a las condiciones de incertidumbre del mercado externo. Por esta razón se hace necesaria, en el marco de la Administración Integrada de Riesgos, la aplicación de una serie de herramientas de predicción y cuantificación de riesgos que reduzcan la arbitrariedad en las estimaciones. El presente artículo ilustra la aplicación de diferentes herramientas, que permiten mejorar la efectividad de los pronósticos realizados en la empresa CUBAZUCAR para anticipar los movimientos del mercado.

**Palabras claves:** precio, análisis de riesgo, lógica difusa, efectos olvidados, R-studio

### Abstract

The unstable international economic and financial scenario requires companies to be proactive in the face of risks and efficient management, in order to improve their returns and increase their value. Cuba, in its condition of small and open economy, is not alien to this reality. Especially the companies in charge of carrying out foreign trade operations, are highly

vulnerable to the uncertain conditions of the external market. For this reason, it is necessary, within the framework of the Integrated Risk Management, to apply a series of risk prediction and quantification tools that reduce arbitrariness in estimates. This article illustrates the application of different tools, which allow to improve the effectiveness of the forecasts made in the company CUBAZUCAR to anticipate the market movements.

**Keys words:** Price; fuzzy logic; risks analysis; forgotten effects, R-studio

El empleo de estrategias de cobertura a partir de los derivados financieros se ha convertido en un elemento común en el desarrollo de la actividad empresarial. En este sentido una evaluación cada vez más exacta de posibles movimientos en los factores de riesgos constituye un aspecto fundamental. Por este motivo, disponer de herramientas de análisis, predicción y cuantificación de riesgos, como elementos indispensables para la creación de expectativas sobre posibles movimientos del mercado, es clave para el desempeño exitoso de cualquier entidad.

La economía cubana no se encuentra ajena a esta realidad imperante. En especial las empresas que se dedican al comercio exterior son vulnerables a las condiciones de incertidumbre del mercado externo. Además de las limitaciones que presenta el país en su condición de economía pequeña y abierta, se le debe agregar la constante agresión que constituye el bloqueo económico y financiero impuesto por los Estados Unidos a la isla hace más de 50 años. Por estas razones resulta de vital importancia la administración de los riesgos de forma eficiente, con el fin de optimizar tanto los ingresos como los egresos en las operaciones de comercialización con el resto del mundo.

En la actualidad, como parte del proceso de actualización del Modelo Económico, las empresas que realizan las operaciones de comercio exterior están obligadas a cubrir los riesgos de precios de los productos que comercializan. Sin embargo son varias las deficiencias que presentan en este proceso, debido a la ausencia de una cultura financiera que contemple la utilización de diferentes instrumentos de cobertura, para mitigar las pérdidas por concepto de fluctuación de las cotizaciones de las variables de mercado.

El presente artículo tiene como objetivo fundamental presentar herramientas matemáticas que se pueden utilizar en el análisis y cuantificación de riesgos de mercado. Para su mejor comprensión las mismas son aplicadas en la empresa CUBAZUCAR, principal encargada de las exportaciones de azúcar y sus derivados en el país, históricamente ha sido pionera en la utilización de estrategias de cobertura para la protección de sus actividades.

Siguiendo esta lógica, primeramente se exponen las tendencias teóricas relacionadas con los mercados de derivados financieros y el empleo de instrumentos derivados para proteger la posición de las empresas ante las variaciones del precio de los mismos. Para finalmente, a

partir de los resultados obtenidos, ilustrar la aplicación de una serie de herramientas que permiten optimizar este proceso en la entidad objeto de estudio.

### **1. Aspectos generales sobre los Mercado de derivados financieros. Definiciones y características.**

En el complejo sistema económico en que se desenvuelven las empresas actualmente, se ha convertido en una estrategia común el uso de instrumentos financieros de cobertura. Estos instrumentos tienen como objetivo evitar los efectos causados por variaciones en tipos de cambio, en tasas de interés y otros bienes; representando una alternativa con la que los negocios pueden protegerse de dichos riesgos.

El término instrumentos financieros se define como “...*contratos que generan derechos u obligaciones para las partes involucradas...*”, mientras que su objetivo principal consiste en eliminar o reducir los riesgos financieros que la compañía no puede controlar. Este tipo de riesgos se generan por la incertidumbre o inseguridad económica que tiene lugar, sobre todo en los países con una economía inestable. (Ortiz, 2002)

Estos instrumentos financieros se denominan “derivados” debido a que su valor depende o se deriva de un activo empleado como referencia, también llamado, bien subyacente. Los activos subyacentes pueden ser de distinta naturaleza, dependiendo de las características y necesidades de los compradores y vendedores de derivados; “(...) *así, el subyacente puede estar referido a una acción cotizada en bolsa, una canasta de acciones, tasas de interés, o bien, indicadores como los índices bursátiles y los inflacionarios. Asimismo, el subyacente puede estar referido a bienes (commodities) como el oro, la gasolina, el trigo, el café, etc.*” (Ortiz, 2002)

*El término anglosajón commodity, equivalente a materia prima, es decir, material en crudo, sin procesar, abarca un amplio espectro de productos: agrarios, metálicos y energéticos. Pero el concepto de commodity puede albergar un campo tan amplio que incluya a los activos propiamente financieros (tipos de interés, divisas e índices bursátiles).*” (Costa Ran & Font Vilalta, 1993)

Este tipo de mercancías son negociadas por lo general en mercados organizados, también conocidos como Bolsa, donde todos los parámetros que se negocian en un contrato están estandarizados, quedando solo sujeto a cambios el precio del producto que se está negociando. Sin embargo, la comercialización de los commodities también puede darse en mercados que no cuentan necesariamente con un emplazamiento geográfico determinado, ya que la esencia del mercado responde a la concurrencia entre compradores y vendedores para la determinación del precio. Estos mercados son conocidos como Over-the-counter.

Los contratos derivados representan una de las alternativas para manejar el riesgo, a través de dos formas fundamentales:

- Ayudando a reducirlo en las operaciones de cobertura, en las que ya se posee el activo y se desea hacer frente a los movimientos adversos de los precios.
- Como una inversión más, en la que el inversor apuesta por la dirección y amplitud del recorrido que va a tomar el precio de un activo durante un período determinado.

En general este tipo de instrumento se caracteriza por requerir de una inversión inicial muy pequeña, lo que le permite al inversionista tener mayores ganancias así como pérdidas más elevadas si la operación no se desarrolla como se esperaba. El valor de estos cambia en respuesta a los cambios en la cotización del activo subyacente, se pueden negociar tanto en mercados organizados, como las Bolsas de Valores, o en mercados no organizados también llamados OTC<sup>1</sup>; y como todo contrato se liquidan en una fecha futura.

Los instrumentos financieros derivados básicos son: (Ortiz, 2002)

- Futuros: Son contratos cuya función es fijar el precio actual del activo de referencia, para ser pagado y entregado en una fecha futura. Estos instrumentos sirven para cubrir riesgos, ya sean de tipo de interés, de tipo de cambio, o de variación de precios. De manera general, presentan características muy similares a los forwards, pero a diferencia de ellos, son negociados en mercados organizados (la Bolsa). En la negociación de este tipo de contratos el subyacente debe ser de una cantidad, calidad, plazo, lugar de entrega y forma de liquidación estandarizado, quedando solamente abierto a negociación el precio del instrumento derivado.
- Opciones: Las opciones otorgan a su poseedor el derecho de comprar o vender un activo a un precio fijo, en un momento específico en el futuro. Una de las partes adquiere el derecho, pero no la obligación de comprar o vender un determinado activo a un precio predeterminado, dentro de un plazo prefijado. La otra parte involucrada en el acuerdo sí tiene la obligación de comprar o vender aquella cantidad de mercancía que se haya pactado en el acuerdo. Para adquirir un contrato de este tipo el comprador deberá pagar una prima al vendedor como garantía del acuerdo.
- Swaps: Los llamados swaps o permuta financiera son productos derivados que sirven para administrar riesgos tanto de tipo de cambio como de tipos de interés. Las partes integrantes de estas operaciones acuerdan intercambiar una divisa por otra, o pagar un tipo de tasa de interés a cambio de recibir otro tipo de tasa de interés.
- Forwards: Un acuerdo adelantado es el que se lleva a cabo entre dos contrapartes para comprar/vender una partida o ítem subyacente en tiempo futuro y a cierto precio. Al precio convenido se hace referencia como precio de entrega, y permite tanto al comprador como al vendedor cerrar el trato a determinado precio, por lo que quedan protegidos de los movimientos de precio durante el período que transcurre hasta la

---

<sup>1</sup> OTC: over the counter, mercados extrabursátiles donde los contratos negociados generalmente no están estandarizados.

entrega. La razón para concertar un acuerdo como éste puede ser el tener certidumbre del precio.

### **1.1. Principales técnicas de ingeniería financiera.**

Ante los altos niveles de incertidumbre que caracterizan el mercado mundial, se hace necesario, el uso de técnicas que permitan realizar estudios más certeros del comportamiento del mercado, para reducir los impactos de las constantes fluctuaciones en los niveles de precio y las pérdidas que asociadas a estos se generan. Se trata de encontrar métodos que permitan a los inversionistas tomar las mejores decisiones en el momento más oportuno.

El análisis técnico y el análisis fundamental, son dos de los enfoques más utilizados por analistas e inversores para estudiar los mercados financieros y tratar de predecir los movimientos del precio de los diversos instrumentos que se comercializan en estos. Cada uno de estos enfoques tiene sus seguidores y detractores, sin embargo muchos traders combinan ambos tipos de análisis para tomar sus decisiones con respecto a la gestión de sus operaciones en el mercado, de tal modo que tratan de aprovechar las diversas ventajas que ofrece cada uno de ellos.

#### **Análisis Fundamental.**

Este tipo de análisis fue introducido por Benjamín Graham<sup>2</sup>, en 1934 en el libro Security Analysis. Constituye una técnica que intenta determinar el valor real de un activo comercializado en un mercado financiero para utilizarlo como indicador del precio futuro.

El análisis fundamental se centra en las causas que generan los movimientos del precio de un producto, básicamente en los aspectos cualitativos que pueden ocasionar variaciones en la oferta y la demanda. Los elementos que más se analizan son noticias y sucesos relacionados con la economía y la política de las principales economías a nivel mundial, los indicadores macroeconómicos que mueven el mercado, así como todo lo relacionado con la producción, el clima, la inflación, las expectativas de los agentes involucrados, entre otros. (Técnicas de Trading: Análisis Fundamental, 2009)

Este tipo de análisis a diferencia de otros, no se preocupa en estudiar gráficos ni indicadores basados solamente en el precio, sino en profundizar en las causas subyacentes de las subidas o bajadas de este en el mercado. En síntesis el análisis fundamental lo que intenta es predecir el valor intrínseco de un bien, basado en la teoría que sostiene que el precio de mercado de un activo normalmente tiende hacia su valor real.

#### **Análisis técnico.**

---

<sup>2</sup> Benjamin Graham: uno de los más grandes personajes de la inversión mobiliaria, que impuso la ciencia que consistiría en el llamado "Análisis de valores", el cual era un análisis de valores que buscaba entender y valorar las empresas a partir de sus datos contables y de carácter financiero.

El análisis técnico, dentro de la amplia gama de análisis bursátiles, se basa en el estudio de la acción del mercado, principalmente a través del uso de gráficas, con el propósito de predecir futuras tendencias en el precio, mediante el análisis de los aspectos cuantitativos que influyen en él.

Este tipo de análisis tuvo sus orígenes en EE.UU a finales del siglo XIX con Charles Henry Dow creando la Teoría de Dow, que constituye la base de los Análisis gráficos o Chartistas, a partir de la aceptación de las siguientes premisas básicas para operar: (Codina, 2011)

- El mercado siempre lo sabe todo: el mercado constituye la fuente máxima de información disponible, razón por la cual es el objeto de estudio de este tipo de análisis.
- Los precios siempre se mueven por tendencias: estos análisis tratan de realizar un seguimiento de las tendencias de los precios, de su identificación y de averiguar en qué momento se encuentran, con el objetivo de anticipar el momento del cambio o agotamiento y aprovecharlas a su favor.
- El mercado tiene memoria y la historia se repite gráficamente: esta premisa es la más empírica de las tres, ya que asume que si una estrategia funcionó en el pasado, volverá a funcionar en el futuro y por tanto se van a repetir las mismas tendencias.

## **2. Propuesta de Herramientas utilizadas para el análisis de riesgos de mercado**

Como se ha mencionado, la fijación del precio de los productos derivados constituye un elemento sumamente importante en los procesos de negociación que se llevan a cabo en los mercados financieros. Si bien los análisis técnicos y fundamentales, son técnicas que influyen mucho en la toma de decisiones relacionadas con este proceso, la subjetividad que los caracteriza condiciona su principal deficiencia.

Para resolver estos inconvenientes, se han desarrollado técnicas matemáticas, que a través del uso de softwares estadísticos e indicadores, tienen el objetivo de añadirle valor a dichos análisis, ya que al aplicarles el uso de las ciencias exactas, sus resultados se vuelven más objetivos, y por tanto más confiables. Ese es el caso del uso de los fundamentos de la matemática difusa, cuando se trata de los análisis fundamentales y aspectos cualitativos; y del paquete de programas incluidos en el software R-Studio, cuando se realizan análisis técnicos o de factores cuantitativos.

- Teoría de los efectos olvidados (TEO): considera todo el espectro de decisiones tomadas en función a la percepción del comportamiento futuro de alguna variable, y las pondera para tratar de no olvidar la importancia que puede tener una variable en un contexto en particular. Con esta herramienta se mantienen actualizadas las decisiones de los expertos, así como las relaciones causa-efecto entre las variables que el mismo experto ha señalado, a fin de ponderar, en un contexto global, todas las decisiones que han venido afectando a un problema en particular. El objetivo principal radica en detectar aquellas relaciones que puedan ser olvidadas, pero que poseen notable importancia en el estudio. (Salazar - Garza, 2012)

- El software R- Studio, más conocido como R, constituye un sistema para realizar análisis estadísticos y gráficos, creado por Ross Ihaka y Robert Gentleman<sup>3</sup>; que ha comenzado a emplearse por un creciente número de personas en academias y empresas, dado que las operaciones que incluye pueden ser utilizadas tanto para fijar precios y perfeccionar modelos financieros como para encontrar nuevas medicinas. Se trata de un instrumento sumamente flexible, que reúne condiciones de madurez, cantidad de recursos y manejabilidad que marcan su superioridad en comparación con otros paquetes de cálculos estadísticos. Permite desarrollar en él diferentes actividades como almacenamiento y manipulación de datos, operaciones para cálculos sobre variables indexadas, en particular matrices; y herramientas para el análisis de datos con posibilidades gráficas, donde el usuario puede combinar en un solo programa diferentes funciones estadísticas para realizar análisis más complejos.

El entorno actual se presenta cada vez más volátil e incierto para la actividad de las empresas, situación ante la cual se hace indispensable la protección ante los riesgos, y el uso de instrumentos financieros derivados que permitan de alguna manera reducir el impacto de estos y las pérdidas que puedan ocasionar. Las opciones, se han convertido en un instrumento muy utilizado en toda la actividad de cobertura de riesgos, las cuales a través de análisis técnicos y fundamentales han conducido a resultados más certeros y a pronósticos del comportamiento del mercado mucho más seguros.

### **3. Aplicación de herramientas para el análisis y cuantificación de riesgos de precio en la empresa CUBAZUCAR.**

La Empresa Cubana Exportadora de Azúcar y sus derivados, conocida como CUBAZUCAR, constituye una de las entidades insignias del mercado de exportación de Cuba. Está subordinada al Grupo Empresarial de Comercio Exterior (GECOMEX), que constituye una identidad creada en junio de 2013, producto del proceso de perfeccionamiento que se realizó en el país, a fin de lograr la separación de las funciones estatales de las empresariales, y concentrar en una misma organización toda la actividad exportadora e importadora del país.

La organización se encarga de todas las exportaciones de azúcar y sus derivados en el país, tanto de las que se realizan bajo sistemas de cuotas fijas con clientes específicos, tales como la Unión Europea y China; como las que se comercializan bajo las condiciones del mercado libre.

En general, el instrumento financiero más usado por la entidad, son las opciones de venta (PUT), mediante la operación compra de PUT. Con esta operación se obtiene el derecho, aunque no la obligación de vender a un precio mínimo establecido, por lo que ante un ciclo alcista no se ejerce la opción y las ganancias serían ilimitadas, mientras que si el

---

<sup>3</sup> Robert Gentleman y Ross Ihaka, profesores del Statistics Department de la University of Auckland, desarrollaron el proyecto que constituye una implementación libre del lenguaje de programación S, que usa el S- PLUS.

comportamiento del mercado es bajista, la pérdida se limita a la prima pagada por la obtención de la opción y se vende el producto al precio mínimo establecido en el contrato.

Con el objetivo de complementar los análisis fundamentales que se realizan en el proceso de determinación del precio del azúcar en el mercado internacional, y respondiendo a la lógica planteada en esta investigación, se propone la implementación de la Teoría de los Subconjuntos Borrosos. Para esta aplicación se ha empleado la Teoría de los Efectos Olvidados, para encontrar aquellas relaciones de causalidad que producto de la subjetividad humana, pueden quedar olvidados en los análisis de mercado.

Dicho procedimiento se basa en el criterio de expertos, con conocimientos suficientes en el tema de interés expuesto previamente. Para la aplicación de este método, en primer lugar, se procede a la determinación del nivel de calificación de los posibles expertos, mediante la utilización del Coeficiente de Competencia (K).

En el caso específico de la organización objeto de estudio, especialistas que trabajen el tema son difíciles de encontrar, no obstante se consultó al total de expertos en el tema que laboran en la misma y cuyos resultados en cuanto al Coeficiente de Competencia se presentan a continuación.



Figura No 1. Coeficiente de competencia de los expertos.

Fuente. Elaboración Propia

Los tres expertos evaluados cuentan con un Coeficiente de Competencia alto, con valores por encima de 0.8. En general, el grupo tiene un Coeficiente de competencia promedio de 0.86, razón por la cual tanto de manera individual como a nivel de grupo, se trata de expertos muy competentes en la temática analizada. Una vez seleccionado el grupo de expertos, se procede a la aplicación de la Teoría de los Efectos Olvidados.

#### **Análisis fundamental: Aplicación de la Teoría de los Efectos Olvidados.**

En los análisis del funcionamiento del mercado y las variables que influyen en los movimientos de los precios de los productos, es muy común que algunas relaciones de incidencia queden ocultas por tratarse de efectos sobre efectos. Aun asumiendo la existencia del máximo control, existe la posibilidad de olvidar voluntaria o involuntariamente ciertas relaciones de causalidad que no siempre resultan fáciles de detectar. En este aspecto la Teoría de los Efectos Olvidados constituye un modelo basado en la lógica borrosa, que permite encontrar aquellas relaciones

de causalidad que producto de la propia subjetividad humana, puedan quedar olvidados en los análisis, pero que dada su influencia constituyen un elemento importante a tener en cuenta.

Siguiendo lo expuesto anteriormente, a partir de la colaboración de los expertos se definieron una serie de causas, que a su juicio, son las que más influencia tienen sobre el comportamiento de los precios del azúcar cubano de exportación y las opciones financieras. Además, paralelamente, se realizó una revisión de la bibliografía asociada para dar mayor confiabilidad a los elementos seleccionados. En la siguiente tabla se muestra el listado final de causas y efectos que fueron tomados en consideración

Tabla No 1. Listado de Causas y efectos a tener en cuenta.

CAUSAS	EFECTOS
C1: Situación de la producción de azúcar crudo cubano.	E1: Variaciones del precio Base del azúcar cubano.
C2: Disponibilidad de oferta para la exportación.	E2: Variaciones en las cotizaciones del precio futuro del azúcar.
C3: Obsolescencia tecnológica de las maquinarias empleadas en el proceso productivo.	E3: Variaciones en las cotizaciones del precio del derivado opción.
C4: Aumento de los costos asociados a la producción del crudo.	
C5: Infraestructura de transporte en el país.	
C6: Bloqueo económico, comercial y financiero de EEUU.	
C7: Situación de los principales productores del azúcar a nivel mundial.	
C8: Incremento de la demanda de los edulcorantes artificiales.	
C9: Volatilidad de los precios futuros del azúcar en el mercado internacional.	
C10: Variaciones de los precios del petróleo.	
C11: Comportamiento de los fondos especulativos.	
C12: Condiciones climáticas.	
C13: Consumo del mercado interno.	

Fuente: Elaboración propia a partir del cuestionario aplicado

Los elementos anteriores fueron puesto a consideración del grupo de expertos los cuales expresaron sus valuaciones con el objetivo de establecer relaciones de causalidad en tres direcciones, causa - efecto, causa - causa y efecto – efecto.

Para la aplicación de este instrumento se utiliza un elemento que permite combinar las opiniones de los expertos involucrados y así llegar a una respuesta más exacta: el expertón. En este sentido, el expertón reúne el conocimiento de todos los expertos sobre un tema dado, con

el fin de aclarar cuestiones en las que se tiene un alto nivel de subjetividad. (Salazar - Garza, 2013)

En un primer momento se buscaron las incidencias directas entre causas y efectos, recogidas en un Expertón, herramienta de la lógica difusa que se utiliza para agregar las opiniones de los expertos, a partir del cálculo de Esperanzas Matemáticas. La matriz  $\tilde{M}$  está compuesta por las estimaciones realizadas en torno a todos los efectos que dichas causas ejercen sobre los efectos enunciados. Cuanto más significativa es esta relación de incidencia, más elevada será la valuación asignada a cada uno de los elementos de la matriz como se presenta a continuación.

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos.

**Tabla No 2. Tabla estimada de incidencias entre causas y efectos  $\tilde{M}$**

	E1	E2	E3
C1	0,85	0,0	0,0
C2	0,2	0,05	0,0
C3	0,92	0,22	0,08
C4	0,64	0,07	0,0
C5	0,08	0,0	0,0
C6	0,65	0,0	0,0
C7	0,0	0,95	0,21
C8	0,0	0,78	0,06
C9	0,0	0,32	0,87
C10	0,70	0,86	0,15
C11	0,0	0,42	0,20
C12	0,80	0,85	0,51
C13	0,20	0,0	0,0

Fuente: Salida de máquina del programa FuzzyLog

A partir de estas relaciones expresadas, se busca obtener una nueva matriz de incidencias que refleje las relaciones de causalidades que a pesar de no ser evidentes, existen y a veces son fundamentales para la apreciación de fenómenos. Para alcanzar este objetivo es necesario establecer los dispositivos que hagan posible el hecho de que diferentes causas puedan tener efectos sobre sí mismas y, al mismo tiempo, tener en cuenta que determinados efectos también pueden dar lugar a incidencias sobre ellos mismos. Por esta razón será necesario construir dos relaciones de incidencias adicionales, las cuales recogerán los posibles efectos que se deriven de relacionar causas entre sí, por un lado, y efectos entre sí, por otro. (Alvarez Vizcarra, 2016)

Por este motivo, en un segundo momento se pasa a que los expertos expresen sus valuaciones entre causas y causas y de los efectos con los efectos buscando las relaciones que priman entre las mismas, las cuales igualmente se agregan mediante el uso de expertones y cuyo resultado se presenta en las siguientes tablas.

Tabla No 3. Incidencias entre las diferentes causas  $[A]$

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	1	0,70	0,23	0,8	0,64	0,00	0,28	0,06	0,15	0,0	0,06	0,0	0,35
C2	0,23	1	0,0	0,2	0,30	0,00	0,20	0,05	0,0	0,0	0,09	0,0	0,52
C3	0,70	0,63	1	0,57	0,1	0,00	0,25	0,42	0,03	0,0	0,0	0,0	0,45
C4	0,87	0,71	0,70	1	0,2	0,00	0,34	0,56	0,35	0,0	0,1	0,0	0,58
C5	0,40	0,75	0,2	0,2	1	0,0	0,0	0,0	0,03	0,0	0,0	0,0	0,68
C6	0,85	0,60	0,82	0,80	0,72	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,35
C7	0,12	0,15	0,12	0,15	0,0	0,0	1	0,65	0,48	0,0	0,60	0,0	0,0
C8	0,23	0,08	0,0	0,17	0,0	0,00	0,43	1	0,52	0,0	0,21	0,0	0,0
C9	0,43	0,28	0,0	0,10	0,0	0,00	0,60	0,63	1	0,0	0,15	0,0	0,0
C10	0,80	0,30	0,03	0,83	0,58	0,00	0,89	0,29	0,87	1	0,74	0,0	0,0
C11	0,15	0,38	0,0	0,05	0,0	0,00	0,48	0,78	0,51	0,38	1	0,02	0,0
C12	0,92	0,61	0,0	0,52	0,0	0,00	0,95	0,84	0,88	0,82	0,79	1	0,15
C13	0,81	0,45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1

Fuente: Salida de máquina del programa FuzzyLog

Tabla No 4. Incidencias entre los diferentes efectos  $[B]$

	E1	E2	E3
E1	1	0,25	0,20
E2	0,36	1	0,89
E3	0,1	0,22	1

Fuente: Salida de máquina del programa FuzzyLog

Una vez establecidas estas tres matrices, se procede a encontrar las relaciones de causalidad indirectas. Este resultado se obtiene mediante la utilización del operador maxmin, a través de convoluciones entre las matrices. Este procedimiento se realiza mediante el programa FuzzyLog, que agiliza los cálculos correspondientes.

El resultado obtenido es una nueva matriz  $[M^*]$  que recoge las incidencias entre causas y efectos de segunda generación, es decir, las relaciones causales iniciales afectadas por la posible incidencia interpuesta de alguna causa o algún efecto.

A partir de la construcción de la matriz de efectos secundarios, se está en condición de percibir los efectos olvidados. Para ello, es necesario separar los efectos acumulados que aparecen en la matriz  $[M^*]$ , de los efectos directos de la matriz  $[M]$ . Esto se realiza a través de la resta algebraica entre ambas matrices, obteniéndose como resultado, la Matriz de los efectos olvidados  $[O] = [M^*] - [M]$ , como se presenta a continuación.

Tabla No. 5: Cálculo de los efectos olvidados  $\begin{bmatrix} 0 \\ \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M^* \\ \sim \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} M \\ \sim \end{bmatrix}$

	E1	E2	E3
C1	0	0	0
C2	0,7	0	0
C3	0	0	0
C4	0	0	0
C5	0	0	0
C6	0	0	0
C7	0	0	0
C8	0	0	0
C9	0	0	0
C10	0	0	0
C11	0	0	0
C12	0	0	0
C13	0	0	0

Fuente: Salida de máquina del programa FuzzyLog

En esta tabla se observan aquellas relaciones, que los expertos reconocen como evidentes, es decir aquellas relaciones de incidencia directa y fuerte, y a su vez se observan aquellas relaciones de incidencias indirectas que presentan un efecto olvidado que clasifica como un peso importante en el modelo analizado. De esta manera la Teoría de los Efectos Olvidados, permite llevar el análisis a un plano más profundo, alejado de la subjetividad que caracteriza al pensamiento humano.

En este caso, según la apreciación de los expertos, la relación directa entre la causa disponibilidad de oferta para la exportación y el efecto variaciones del precio Base del azúcar cubano, es de 0,2, valor poco significativo según la escala que utiliza el programa. Sin embargo existe una variable intermedia en esta relación que no es analizada.



Figura No. 2. Incidencia de la causa Disponibilidad de oferta para la exportación sobre el efecto Variaciones del precio Base del azúcar cubano.

Fuente: Salida de máquina del programa FuzzyLog

Como se observa en la figura, el elemento clave interpuesto en este caso es la causa situación de la producción de azúcar crudo cubano. Es evidente la gran influencia que tiene dicha causa

(0,85) sobre las variaciones del precio base del azúcar cubano, debido a que este valor se ve afectado principalmente por aspectos de orden interno.

El efecto olvidado radica entonces en la influencia que existe entre la causa disponibilidad de oferta para la exportación y el propio efecto. Para entender dicha relación es necesario tener en cuenta la dependencia que existe entre las causas disponibilidad de oferta para la exportación y situación de la producción de azúcar cubano, ya que si una aumenta la otra debe responder en el mismo sentido para evitar que existan afectaciones. Por tanto si las cantidades destinadas a exportar aumentan, entonces la producción del crudo debe aumentar también, en aras de mantener la confiabilidad del país en el cumplimiento de sus contratos y obligaciones. Siguiendo esta lógica, es obvio que si la producción de azúcar cubano aumenta, existe mayor disponibilidad de oferta para la exportación y por tanto el precio base del producto va a aumentar.

La Teoría de los Efectos Olvidados se presenta como una herramienta útil y esencial para complementar los estudios cualitativos realizados en la entidad, brindando resultados que se alejan de la subjetividad que estos traen implícitos. Es importante destacar que el uso de estas herramientas no implica complejos cálculos matemáticos para las empresas, ya que en el caso de los Expertones, los mismos son programables en Excel y para el cálculo de la teoría de los efectos olvidados, se puede acceder al software Fuzzylog

#### **Análisis técnico: Valoración de opciones financieras utilizando el software R- Studio.**

Si bien es importante conocer aquellos aspectos fundamentales que influyen sobre el precio de los productos, los análisis técnicos son los métodos más utilizados en el mundo actual. Dichos análisis deben estar apoyados en los métodos cuantitativos, utilizan herramientas basadas en el cálculo de probabilidades, los estudios de tendencias, las simulaciones y los análisis de sensibilidad que permiten, de esta manera, optimizar las utilidades corriendo los más mínimos riesgos posibles. Las herramientas más utilizadas en este tipo de investigaciones son: la simulación de Montecarlo, las matrices de decisión, los gráficos de comportamientos, el teorema bayesiano y de valores esperados y la medida VaR, que resumen el riesgo total de una cartera de activos financieros y permiten identificar la mejor forma de cubrir ese riesgo.

Los mercados actuales están marcados por una amplia volatilidad que afectan en gran medida los movimientos de los precios, razón por la cual el uso de estrategias de cobertura ha tomado auge, con el objetivo de proteger el desempeño de las entidades. Para cubrir las diferentes posiciones que se adoptan, los derivados financieros son determinantes, de esta manera su correcta selección constituye un elemento fundamental en cualquier estrategia de cobertura.

Esta investigación se ha enfocado en el uso de las opciones como un instrumento financiero de fácil uso, las cuales tienen como principal característica el hecho de contar con una inversión inicial baja y generar ganancias ilimitadas. El reto principal en el empleo de este instrumento lo constituye determinar la prima a pagar para obtener el derecho a ejercerla. Cuando se trata de

productos con riesgo o riesgosos como puede ser cualquier instrumento financiero y como es en particular las opciones, conviene saber cuál es el valor real de este producto, aspecto en el cual los análisis cuantitativos juegan un papel primordial.

Gran parte del precio de las opciones viene asignado por las leyes de oferta y demanda del mercado. Sin embargo existen diferentes métodos de valoración de opciones que permiten encontrar patrones para extraer el valor actual de la opción. Algunos de estos modelos son los creados por los economistas Fischer Black y Myrion Scholes en 1973 denominado Modelo Black-Scholes; y el modelo conocido como Árbol Binomial, creado por Cox, Ross y Rubinstein en 1979.

Teniendo en cuenta esto y respondiendo al objetivo de esta investigación, se propone el uso del método de árboles binomiales para la valoración de opciones en la empresa CUBAZUCAR. Este procedimiento tiene como meta ilustrar como a través de esta técnica y apoyados en el software estadístico R-Studio, es posible estimar el precio teórico de las opciones, para complementar los análisis cuantitativos realizados en la entidad y a la vez optimizar el desempeño de la misma.

El software R-Studio, cuenta con un lenguaje de programación con el que se puede analizar un conjunto de información estadística referida a diferentes áreas del conocimiento como son las finanzas y los mercados. Este permite el análisis de datos que van desde la estadística descriptiva, hasta llegar a estudios mucho más complejos como: análisis multivariado, series de tiempo, regresión múltiple, diseño de experimentos, estadística no paramétrica, estimación bayesiana, optimización, finanzas y muchos otros temas más. (Arango, Rojas Medina, & Tabares Peralta, 2015)

En esta investigación se utiliza el software con el objetivo de demostrar su eficiencia en la valoración de opciones financieras. También se presentan una serie de funciones que se pueden realizar en el mismo, en aras de contribuir a mejorar los análisis realizados en la entidad CUBAZUCAR.

El procedimiento realizado tiene como base una serie de datos del comportamiento de los precios del Contrato No. 11 de Futuros de Nueva York, que transa azúcar cruda de caña a granel, a precio FOB, entre noviembre de 2015 y marzo de 2017. Se seleccionó este contrato, debido a que el principal rubro de exportación de la empresa CUBAZUCAR es el azúcar crudo, por tanto las características del producto cubano se asemejan a lo estandarizado en este contrato.

El software ofrece una serie de funciones que permiten realizar análisis descriptivos de los datos, con el fin de conocer como se ha comportado el mercado en la etapa analizada. Además brinda capacidades para valorar opciones a través de librerías contribuidas por varios autores. Con estas se puede calcular el precio de la opción y los posibles movimientos que

experimentará, con el objetivo de comprobar la calidad de las cotizaciones que se reciben por parte de los pronósticos que realiza la bolsa. También permiten inferir si la opción seleccionada tiene las mejores condiciones para ser ejercida en el momento de su vencimiento, mediante el método de árboles binomiales.

Dado que el fin de este ejemplo es ilustrar como se aplica esta herramienta, los valores empleados para construir el árbol binomial son ficticios, seleccionados a partir de la consulta con especialistas y búsquedas bibliográficas. Los datos empleados son:

- Precio de ejercicio (K): 14.5 c/lb
- Tipo de interés libre de riesgo (r): 5% mensual
- Volatilidad: 20% mensual
- Tiempo hasta el vencimiento de la opción: 1 año
- Precio del contrato al día de hoy ( $S_0$ ): 14.25 c/lb
- Número de pasos: 12

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de aplicar este procedimiento, es que todos los datos deben encontrarse en el mismo horizonte temporal, que en este caso se hará mensual, dado que el árbol se dividirá en 12 momentos. Además de estos valores se debe tener en cuenta que el árbol binomial se va a construir para una opción put europea. El árbol binomial resultante tiene la siguiente forma:

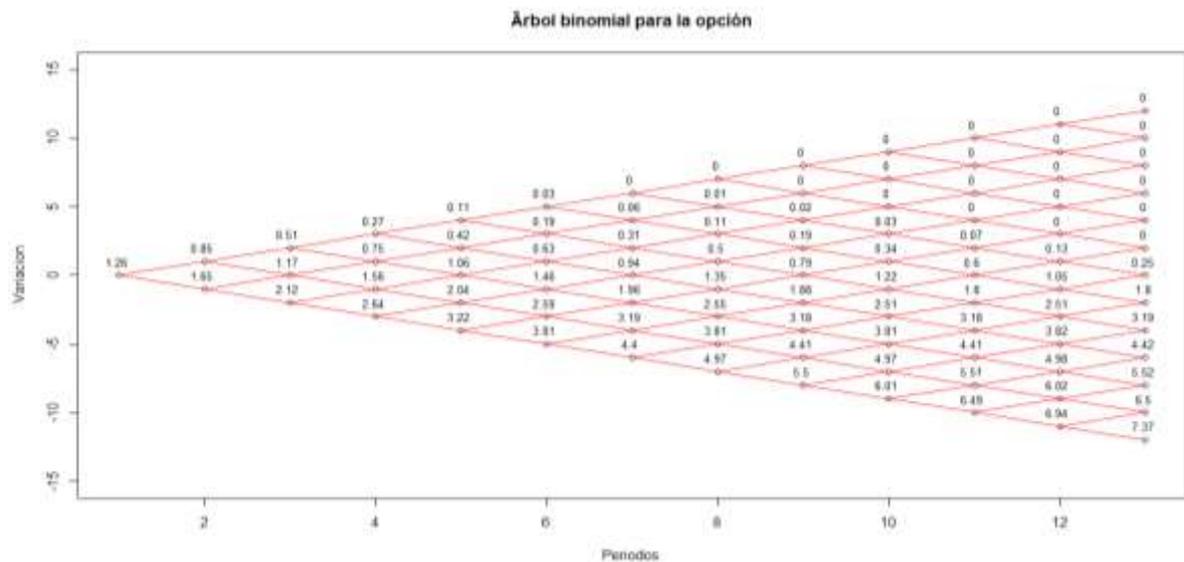


Figura No 3. Árbol Binomial para la opción  
Fuente: Salida de máquina del software R-Studio.

La construcción del árbol binomial se realiza a partir de determinar el valor intrínseco de la opción en el último período. Dicho valor se obtiene de la relación entre el precio de ejercicio (K) y el precio del contrato en ese momento ( $S_0$ ) tanto para el escenario en que los precios suban, como el caso contrario. Posteriormente se determinan las probabilidades de alza y baja de los

precios del azúcar, que dependen de la estimación que tengan los agentes económicos de la ocurrencia o no del escenario favorable. Por último el cálculo se traslada desde la derecha hacia la izquierda multiplicando por las probabilidades y actualizando con el valor del tipo de interés libre de riesgo hasta llegar al extremo izquierdo del árbol, donde se obtiene el precio de la opción, o sea la prima a pagar por el derecho a vender al valor deseado. (Mascareñas, 2011)

De este modo el árbol binomial obtenido, muestra como a medida que pasa el tiempo la diferencia entre  $K$  y  $S_0$  se hace mayor, lo que implica que la opción europea se hace cada vez más atractiva. Teniendo en cuenta la estructura del árbol, la opción es factible, ya que en casi todo su período de vigencia se encuentra en el dinero, por lo tanto es más probable que sea ejercida.

A partir del ejemplo y de los datos seleccionados, se puede determinar que el valor óptimo a pagar de la prima en el momento actual, o sea el valor teórico de la opción, ascendería a 1,26 c/lb por cada contrato negociado. Si se ejerce la opción, el valor intrínseco sería de hasta 7,37 c/lb por contrato, en el momento final, generando ganancias que permiten cubrir la prima pagada y aún obtener beneficios. Mientras que si se decide no ejercer la opción, la pérdida solamente ascendería al valor de la prima pagada inicialmente.

El algoritmo empleado, ya está programado en los paquetes recomendados del software R-Studio, lo que facilita la fabricación del árbol y agiliza el proceso de valoración de opciones. Además el uso de este software posibilita una rápida adaptación a las condiciones de mercado, reaccionando eficientemente a las variaciones de los precios que se puedan producir.

### **Consideraciones finales**

Con la realización de este trabajo investigativo se ha podido arribar a las siguientes conclusiones:

- El elevado grado de incertidumbre en los mercados internacionales hace indispensable la protección ante los riesgos, y el uso de instrumentos financieros derivados que permitan de alguna manera reducir el impacto de estos y las pérdidas que puedan ocasionar.
- El uso de las técnicas de ingeniería financiera, tales como análisis técnicos y fundamentales, constituyen un aspecto fundamental para la generación de expectativas sobre el funcionamiento del mercado. Su uso se complementa con herramientas de la teoría de los Subconjuntos Borrosos y softwares estadísticos, que ofrecen resultados más certeros alejados de la subjetividad humana.
- La Teoría de los Efectos Olvidados, siguiendo los fundamentos de la matemática borrosa o lógica difusa para complementar los análisis fundamentales, permite

reconocer relaciones de causalidad entre variables cualitativas que producto de la propia subjetividad humana, puedan quedar olvidados en los estudios.

- El software R-Studio, ofrece una serie de capacidades para valorar opciones a través de librerías contribuidas por varios autores, en las que se incluye el método del Árbol Binomial. Este programa estadístico permite realizar una evaluación completa de la opción durante su vida útil, además de acceder al precio teórico de la opción en el momento actual, con el objetivo de verificar la confiabilidad de las cotizaciones emitidas diariamente en la bolsa.
- Dadas las condiciones de la economía cubana, es más recomendable el uso del método del Árbol Binomial, que es sin duda uno de los más populares y útiles, entre otras cosas por su simplicidad.

## Bibliografía

Afi Guías. (2015). *Incoterms 2015*. Madrid.

Alvarez Vizcarra, G. (2016). *El modelo de efectos olvidados y la exposición al riesgo cambiario en la PyMES manufactureras*. Venezuela.

Arango, M. V., Rojas Medina, R. A., & Tabares Peralta, D. (2015). *Valoración de Opciones por el método de Black Scholes en R-project*.

Artés, D. (2016). *Valorando opciones en R, Introducción*.

Canessa, R. (2014). *Commodities: Azúcar*. Obtenido de Técnicas de Trading: <http://www.tecnicasdetrading.com>

CME Group. (2008). *Guía de auto estudio sobre Cobertura con Futuros y Opciones de Granos y Oleaginosas*.

CNMV. (2006). *Guía informativa de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV)*. Madrid.

Codina, J. (2011). *Manual de Análisis Técnico, Séptima edición revisada y actualizada*. Madrid, España: INVERSORES EDICIONES, S.L.

Collazo Pire, M. C. (2015). *La administración de riesgo de precio en la empresa CUBAEXPORT*. La Habana.

Contreras García, J. M., Molina Portillo, E., & Arteaga Cezón, P. (2010). *Introducción a la programación estadística con R para profesores*.

Costa Ran, L., & Font Vilalta, M. (1993). *COMMODITIES. Mercados financieros sobre materias primas*. Madrid: ESIC.

*Enciclopedia Financiera: Análisis Técnico*. (s.f.). Obtenido de [www.encyclopediafinanciera.com](http://www.encyclopediafinanciera.com)

Febrero Bande, M., Galeano San Miguel, P., González Díaz, J., & Pateiro López, B. (2008). *Prácticas de Estadística en R, Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas*.

García Puig, M. d. (2015). *Propuesta de una "caja de herramientas" para la creación de expectativas de precios commodities y de divisas en la cuantificación de riesgos de la empresa CUBAMETALES, Tesis de Diploma*. La Habana.

- García Rondón, I. (2010). *Procedimiento para la selección de los mercados internacionales de los servicios de gestión medioambiental cubanos. Tesis Doctoral*. La Habana.
- Gray, S., & Place, J. (2003). *Derivados financieros*. México: Centro de estudios monetarios latinoamericanos.
- Grupo Empresarial del Comercio Exterior (GECOMEX). (2015). *Sitio Web del Grupo del Comercio Exterior de Cuba*. Obtenido de <http://www.gecomex.cu>
- Maluenda, P. (2011). *La volatilidad en los precios de los commodities*. Mexico: INTL FCStone.
- Mascareñas, J. (junio de 2011). Opciones Reales: Valoración por el método binomial. *Finanzas Corporativas*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Ortiz, G. (2002). Instrumentos financieros derivados y su revelación en los estados financieros. *Contaduría Pública*, p. 46.
- Salazar - Garza, R. (2012). *El peso mexicano: la gestión de cobertura del riesgo cambiario mediante la Teoría de los Efectos Olvidados*. México.
- Salazar - Garza, R. (2013). *El peso mexicano: la gestión de cobertura del riesgo cambiario mediante la Teoría de los Efectos Olvidados*. Mexico.
- Técnicas de Trading: Análisis Fundamental*. (2009). Obtenido de [www.tecnicasdetrading.com](http://www.tecnicasdetrading.com)
- Técnicas de trading: Análisis Técnicos*. (2009). Obtenido de *Técnicas de trading*: [www.tecnicasdetrading.com](http://www.tecnicasdetrading.com)
- Vega Vilca, J. C. (2009). *Manual de la Academia. Estadística aplicada, usando R*. Puerto Rico.