

La Lógica Difusa para la evaluación económica y financiera de opciones cambiarias: El caso de la producción acuícola

Fuzzy Logic for economic and financial assessment of exchange options: The case of aquaculture production

Manuel Muñoz Palma¹, Ezequiel Avilés Ochoa², Eva L. Miranda Espinoza¹

¹ Universidad de Sonora, México

² Universidad de Occidente, México

mpalma25@hotmail.com , eaviles8a@hotmail.com , mirandaeva@hotmail.com

RESUMEN. El artículo presenta, mediante la aplicación de las teorías de la administración, finanzas y economía, una propuesta para la evaluación económica y financiera con la aplicación de la lógica difusa; cuyo objetivo es diseñar estrategias financieras que permitan que las organizaciones acuícolas del sur de Sonora puedan establecer un sistema de control y evaluación del riesgo financiero, por medio de instrumentos de cobertura, cuya finalidad es minimizar el riesgo e incrementar los índices de rentabilidad. Se realiza el análisis sobre técnicas clásicas para la evaluación económica y financiera del valor presente neto (VPN) y la tasa interna de rendimiento (TIR); agregando los componentes teóricos de la lógica difusa, mediante los números borrosos triangulares se propone la fuzzificación de la tasa de interés bajo distintos escenarios para su evaluación (0,1) que representa distintos niveles de presunción bajo los cuales se puede establecer, un indicador financiero que permita la toma de decisiones; la cual se pueda aproximar para medir la rentabilidad y la viabilidad de una inversión, con financiamiento en pesos y dólares.

ABSTRACT. This paper presents, through the theories of administration, finance and economy, a proposal for the economic and financial evaluation through the application of fuzzy logic. The objective is to design financial strategies that allow the aquaculture organizations in the south of the State of Sonora to establish a control system and the evaluation of financial risk by means of hedging instruments which purpose is to decrease risk and increase the rate of return. The analysis of classical techniques for the economy and financial evaluation of the net present value (NPV) and the internal rate of return (IRR) is performed. Adding the theoretical components of fuzzy logic through triangular fuzzy numbers, it is proposed the fuzzification of the interest rate under different scenarios for its evaluation (0,1) that represent different levels of presumption under which a financial indicator can be established. Such indicator will allow decision making that can be approximated to measure the rate of return and viability of a new investment with financing in pesos and dollars.

PALABRAS CLAVE: Valor presente neto borroso, Tasa interna de rendimiento borroso, Números borrosos triangulares.

KEYWORDS: Fuzzy net present value, Fuzzy internal rate of return, Triangular fuzzy numbers.

1. Introducción

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

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

La producción acuícola representa una de las actividades de alto riesgo, por comerciar productos de exportación en los mercados mundiales con altos estándares de calidad y por la alta competencia del mercado. Fideicomisos instituidos en relación a la agricultura FIRA (2009:12) señala que:

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

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

Esta investigación, pretende que las organizaciones conozcan la importancia de establecer estrategias financieras para lograr ser más eficientes y competitivas; al proporcionar una herramienta adecuada para que, los administradores quienes tienen la responsabilidad de diseñar estrategias, prevenir y controlar el riesgo; puedan instaurar un sistema para el control del riesgo financiero a través de la aplicación de coberturas cambiarias. Por lo que, se realiza una propuesta en la evaluación económica y financiera en contraste a los modelos tradicionales, que por sí mismo parten de modelos matemáticos que denotan limitaciones, con la inclusión de la lógica binaria, al no considerar el aspecto de gradualidad en la toma de decisiones por parte de los administradores de riesgo, que permitan ajustarse a la realidad y la percepción humana. La lógica borrosa amplía las posibilidades para minimizar los grados de incertidumbre ante la volatilidad de los mercados financieros y en general de la economía. “Es inevitable que la aplicación de la lógica borrosa a los problemas de la gestión económica y financiera crezca en importancia en los próximos años” (Gutiérrez, 2006:84). Por lo tanto, la incursión de la lógica difusa en los esquemas que tradicionalmente han sido utilizados para enfrentar

los problemas de decisión en el ámbito de la actividad empresarial, es cada vez más amplia; enriqueciendo la ciencia administrativa. (Muñoz y Avilés, 2014: 69).

El resto de esta investigación se organiza de la siguiente manera: en la primera parte se realiza una revisión literaria sobre el riesgo financiero y los efectos de la volatilidad en los mercados financieros, así como la aplicación de la lógica difusa en el campo de las finanzas, utilizando el modelo propuesto. Luego, en la metodología se establecen las fases para la operación del modelo y la aplicación de la lógica difusa a las técnicas de evaluación económica y financiera, VNP borroso y TIR borroso. Así mismo, se presentan las distintas escalas para cada nivel de presunción en la evaluación de financiamiento con pesos y dólares. En la sección de resultado, se muestran los principales hallazgos de la aplicación del modelo a través de la fuzzificación con los NBT de los flujos de efectivo y la tasa de interés para obtener la viabilidad financiera de un proyecto de inversión en una organización acuícola. Finalmente, se presenta en la sección de conclusiones y recomendaciones las implicaciones que genera este estudio, así como los beneficios en las organizaciones acuícolas.

2. Revisión literaria

2.1. Riesgo financiero

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

Los primeros estudios para la determinación de la volatilidad, realizados en la CBOE por Latané y Rendleman (1976) y Beckers (1981), demostraron que las coberturas cambiarias sólo se pueden utilizar en periodos relativamente cortos, cimentados en estudios transversales (Jorion, 1996:507). Por otra parte, Merton (1969) establece que el valor de una opción está en función del precio de la acción, lo que permitió dar un paso en la teoría para la determinación del precio de las opciones; además, sostiene que la aplicación de derivados reduce el riesgo sistemático en un sistema de pagos para su liquidación. Los nuevos modelos consideran la volatilidad como un efecto que impacta los precios de las opciones. Los estudios basados en el análisis de la volatilidad, por medio del modelo de series de tiempo de Scott y Tucker (1989) muestran resultados con cierta capacidad predictiva a partir de las opciones de divisas, pero con ciertas limitaciones metodológicas que no permiten hacer pruebas de hipótesis formales (Jorion, 1996:508).

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

Las investigaciones realizadas para la administración de riesgos han evolucionado de acuerdo con modelos planteados por los distintos autores, y han generado una revolución en el estudio de las finanzas a partir de la globalización económica, provocando nuevas fuentes de riesgos y mayor volatilidad en los mercados financieros (Jorion, 2009:270). Algunos autores describen el riesgo como “cualquier situación donde hay incertidumbre acerca de los resultados que ocurrirán” (Harrington y Niehaus, 1999:58). De acuerdo con otro, “es el proceso manejado generalmente por la dirección de finanzas, tesorerías, trading, y mercado que suele estar relacionado con las estrategias de posicionamiento o hedging vía instrumentos financieros ‘derivados’ y

otros forward, swaps, futuros, opciones, etc.” (Mirabal, 2004, p. 14). Por tanto, es importante considerar como elemento nodal de la administración a la estrategia competitiva, referida a la posición que se ocupa en el sector y en los mercados. Como se menciona, “una compañía que consigue posicionarse bien podrá obtener altas tasas de rendimiento, aun cuando la estructura de la industria sea desfavorable y, por lo mismo, la rentabilidad sea modesta” (Porter, 1987:11).

Otro autor considera que “la administración de riesgos se lleva a cabo mediante cuatro productos básicos o instrumentos derivados: contratos adelantados forward, futuros futures, opciones options y swaps (Mansell, 1992:229). En México existen programas de cobertura para los productores, como el Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), que el gobierno, mediante coberturas de precios subsidiados, implementa para proteger a los productores de maíz, trigo, soya, etcétera, contra variaciones en los precios futuros del mercado. “La cobertura de los riesgos financieros es similar a la adquisición de un seguro; proporciona protección contra los efectos adversos de las variables sobre las cuales no tienen control ni los agentes ‘negocios’ ni los países” (Jorion, 2009:28). Sin embargo, en México, en el caso del precio de camarón, no existen programas de apoyo de coberturas de precios.

Por el tipo de actividad, las organizaciones acuícolas están más expuestas a riesgos asociados a la naturaleza, como los riesgos meteorológicos, climáticos, y biológicos, estos últimos ocasionados por enfermedades; sin embargo, la organización a su vez puede causar daños a la naturaleza, como la contaminación de las bahías o generación de residuos, lo que se convierte en un riesgo para sí misma. Es importante mencionar que la organización acuícola del sur de Sonora no lleva a cabo la administración de riesgos, al no considerarlos de manera integral, sino que se enfoca a los riesgos meteorológicos y fisicoquímicos, cubriéndolos con el seguro acuícola ofrecido por AGROASEMEX.

2.2. Modelo Black-Scholes

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

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

Los estudios citados han permitido un avance de las ciencias administrativas y económicas para el análisis de los fenómenos organizacionales. No obstante, se hace necesario analizar, desde una óptica diferente, la realidad administrativa dado que no todo lo que puede ser interés puede ser cuantificado, sólo ciertas partes de los fenómenos, hechos y relaciones son actualmente medibles, dando pie a ampliar el campo de la investigación empresarial de los fenómenos cuantificables. Dado el quehacer de la función administrativa de

lograr el esfuerzo humano, se dirige a modificar cualitativa y/o cuantitativamente los bienes o servicios hasta hacerlos más capaces para las necesidades que deben satisfacer; debe considerarse como una conducta humana para materializar los esfuerzos dirigidos hacia un objetivo fundamental.

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

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

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

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

2.3. Lógica difusa

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

Los números borrosos se definen como un subconjunto borroso del referencial de los reales, que tiene una función de pertenencia normal; donde debe existir una x , para la que $\mu(x)$ toma el valor uno; y convexa, donde cualquier desplazamiento a la derecha e izquierda de este valor x , $\mu(x)$ va disminuyendo. La teoría de los números borrosos puede considerarse como una ampliación de la teoría de intervalos de confianza cuando se consideran estos intervalos a todos los niveles desde 0 hasta 1, en lugar de considerar un solo nivel (Zadeh, 1965).

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \mu_{A_\alpha}(x) &= 1 \text{ si } x \in [a_1(\alpha), a_2(\alpha)] \\ \mu_{A_\alpha}(x) &= 0 \text{ si } x \notin [a_1(\alpha), a_2(\alpha)] \end{aligned} \quad (2)$$

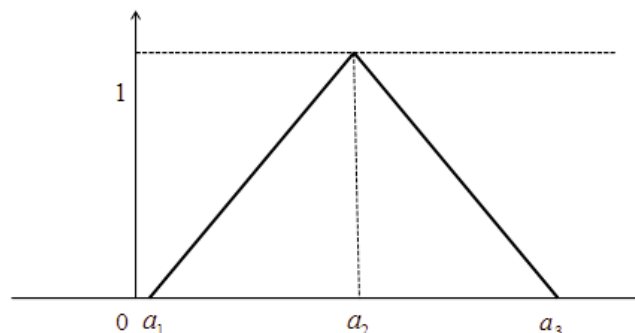
Dentro de los números borrosos, las funciones características más utilizadas por su simplicidad matemática son: triangular, trapezoidal, gaussiana y sigmoideal; existen dos aproximaciones para determinar la función característica, la primera aproximación es con base al conocimiento humano de expertos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

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3) \quad (3)$$

Donde:

$$\begin{aligned} a_1, a_2, a_3 &\in R \\ a_1 &\leq a_2 \leq a_3 \end{aligned} \quad (4)$$

La representación gráfica del número borroso triangular (a_1, a_2, a_3) queda reflejada en la Figura 1.



En esta figura se muestra la representación gráfica de número borroso triangular (NBT); estos se caracterizan porque su nivel de presunción es igual a (1), para el valor central y es igual a (0) para los niveles del extremo inferior y superior. Fuente: Kaufmann y Gil-Aluja, 1987.

Figura 1. Representación gráfica de un número borroso triangular.

El nivel de presunción adquiere importancia en las diversas aplicaciones. De acuerdo con Gil-Aluja (2004:90) la función de pertenencia está dada por:

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 0; & \text{sí } x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}; & \text{sí } a_1 < x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}; & \text{sí } a_2 < x \leq a_3 \\ 0; & \text{sí } a_3 \leq x \end{cases} \quad (5)$$

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

$$\alpha = \mu_{A(x)} \quad (6)$$

Para el extremo superior:

$$\alpha = \frac{x-a_1}{a_2-a_1} \rightarrow x = a_1 + \alpha(a_2-a_1) \quad (7)$$

Para el extremo inferior:

$$\alpha = \frac{a_3-x}{a_3-a_2} \rightarrow x = a_3 - \alpha(a_3-a_2) \quad (8)$$

Siendo los α -corte:

$$\begin{aligned} \forall \alpha \in [0,1] \\ A\alpha = [a_1 + \alpha(a_2-a_1), a_3 - \alpha(a_3-a_2)] \end{aligned} \quad (9)$$

Con los NBT se realizan las mismas operaciones que en los números reales ordinarios; como la suma, resta, producto, división, etcétera. Por lo tanto, los NBT permiten determinar de manera fidedigna gran cantidad de situaciones del ente económico en el que se estiman magnitudes localizadas en el futuro; dado lo anterior es importante mencionar que en el ámbito económico y financiero se estudian problemas cuyas magnitudes se proyectan hacia el futuro; que, si bien no exigen una extrema precisión, sí una mayor adaptación posible a la realidad.

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

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

$$\begin{aligned} [r_k^{(\alpha)}, s_k^{(\alpha)}] &= [r + (m - r)\alpha_k, s - (s - m)\alpha_k] \\ \alpha &\in [0, 1] \end{aligned} \quad (10)$$

Despejando:

$$\frac{m - r}{x - r} = \frac{1}{\alpha_k}; \text{ quedando } x = r + \alpha_k(m - r) \quad (11)$$

$$\frac{s - y}{s - m} = \frac{\alpha_k}{1}; \text{ quedando } y = s - \alpha_k(s - m) \quad (12)$$

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

$$\frac{1}{1 + [r_k^{(\alpha)}, s_k^{(\alpha)}]} = \frac{1}{[1 + r_k^{(\alpha)}, 1 + s_k^{(\alpha)}]} = \frac{1}{1 + s_k^{(\alpha)}} \cdot \frac{1}{1 + r_k^{(\alpha)}} \quad (13)$$

3. Metodología

La investigación se aborda desde un enfoque cuantitativo, se sitúa en los factores que influyen en la toma de decisiones para establecer estrategias en la administración del riesgo cambiario y se orienta al análisis de datos financieros de las organizaciones acuícolas e indicadores económicos. Con la utilización de la lógica difusa, al momento de realizar una evaluación económica de una inversión en dólares, con el uso de coberturas cambiarias del Mercado de Derivados de México (Mex-Der); además tomando en consideración el efecto del costo de la prima obtenida por el modelo Black-Scholes. Así como, calcular los efectos de fusificar el VNP borroso y TIR borroso que permita la evaluación económica financiera en la decisión de un financiamiento con moneda nacional e internacional para determinar la viabilidad del proyecto. Para ello considerando con mayores índices de rentabilidad, en relación con los distintos niveles de gradualidad (0, 1).

3.1. Modelo

La investigación presenta, mediante la aplicación de las teorías de la administración, finanzas y economía, una propuesta para la evaluación económica y financiera mediante la aplicación de la lógica difusa; cuyo objetivo es diseñar estrategias financieras que permitan que las organizaciones acuícolas del sur de Sonora puedan establecer un sistema de control y evaluación del riesgo financiero; por medio de instrumentos de cobertura, cuya finalidad es minimizar el riesgo e incrementar los índices de rentabilidad. De ahí la conveniencia de esta investigación, que permitirá que estas organizaciones conozcan la importancia de establecer estrategias financieras para lograr ser más eficientes y competitivas; al proporcionar una herramienta adecuada para que, los administradores quienes tienen la responsabilidad de diseñar estrategias, prevenir y controlar el riesgo, puedan instaurar un sistema para el control del riesgo financiero a través de la aplicación de coberturas cambiarias.

El estudio se lleva a cabo, en una primera fase obteniendo el costo de la prima de la opción cambiaria mexicana con distintos intervalos (0, 1) de la fuzzificación del modelo Black-Scholes; la información obtenida permitirá elaborar la evaluación económica y financiera de la utilización de opciones cambiarias para el financiamiento en pesos y dólares americanos para la producción acuícola de camarones.

En la segunda fase, el análisis de los datos para la explicación empírica en donde se va a aceptar o rechazar la hipótesis; y determinar cuál es el modelo que pueda captar mejor la realidad de la volatilidad de los mercados financieros, con lo que permitirá establecer estrategias financieras para la administración de riesgo cambiario en las organizaciones acuícolas; con la aplicación de las técnicas de evaluación financiera del VNP borroso y TIR borroso, con base en la teoría de subconjuntos borrosos para el cálculo matemático; y así determinar los



intervalos de confianza como un dato incierto que permite predecir el valor de cierta variable entre dos extremos. Por ejemplo, se podría establecer distintas tasas de interés de financiamiento la cual se situará entre [7, 8 y 9] y distintos flujos de efectivos (ver Tabla 1), lo que permitirá obtener distintos valores para la toma de decisiones por parte de los directivos de las organizaciones.

3.2. Muestra

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

3.3. Hipótesis

Es posible minimizar el riesgo cambiario mediante la utilización de opciones cambiarias, por las organizaciones acuícola con la finalidad de maximizar la toma de decisiones que permitan mayores índices de rentabilidad.

H1: El construir una teoría de números borrosos que permita una cuantificación de la fenomenología real más acorde con la estructura del pensamiento humano (Kaufmann y Gil-Aluja, 1986:43).

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

H3. La utilización de instrumentos derivados permite controlar y minimizar el riesgo financiero provocado por la volatilidad de los mercados financieros (Jorion, 2002:527).

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

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

$$VPN = -I_0 + \frac{FE_1}{(1+i)^1} + \frac{FE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+i)^n} = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FE_j}{(1+i)^j} \quad (14)$$

Donde:

VPN = Valor presente neto.

I_0 = Inversión Inicial del proyecto.

i = Costo de capital o tasa de interés.

n = Horizonte del proyecto.

FE = Flujo de efectivo.

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

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

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

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

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

$$\frac{1}{(1+i_1)}, \frac{1}{(1+i_1)}, \frac{1}{(1+i_2)}, \dots, \frac{1}{(1+i_1)}, \frac{1}{(1+i_2)}, \frac{1}{(1+i_3)}, \frac{1}{(1+i_4)}, \frac{1}{(1+i_5)} \quad (15)$$

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

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

En esta tabla, se determinan los flujos de efectivos borrosos en donde se puede asumir distintos intervalos para cada uno de los años, que representan los NBT triangulares de flujos de efectivo y tasas de interés o costo de capital, para la determinación de flujos descontados borrosos. Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Flujo de efectivo y tasas de interés representadas en NBT para el proyecto A y B, a cinco años.

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

Flujo de efectivo	Intervalo de confianza
FF1	[383746.07 + 119700 α , 588946.07 - 85500 α]
FF2	[416236.07 + 89775 α , 413741.07 - 107730 α]
FF3	[356086.82 + 113116.50 α , 601172.57 - 131969.25 α]
FF4	[367398.47 + 118772.33 α , 644533.89 - 158363.10 α]
FF5	[586137.50 + 103925.78 α , 877129.69 - 187066.41 α]

En esta tabla, se determinan los intervalos de confianza para cada nivel, según la ecuación de flujos de efectivo, para realizar las operaciones borrosas y la obtención de los flujos descontados borrosos del proyecto A, con una duración de vida del proyecto de 5 años. Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Intervalos de los flujos de efectivo en la expresión α -corte para el proyecto A.

Para la tasa de interés se tiene:

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

En esta tabla, se determina con base la operación de números borrosos los distintos intervalos de confianzas para cada nivel, según la ecuación de tasas de interés conocida, para aplicar el factor de descuento en los flujos de efectivos borrosos para cada uno de los años de vida del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Intervalos de la tasa de interés en la expresión α -corte.

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

$$\frac{1}{1 + [r_k^{(\alpha)}, s_k^{(\alpha)}]} = \frac{1}{[1 + r_k^{(\alpha)}, 1 + s_k^{(\alpha)}]} = \left[\frac{1}{1 + s_k^{(\alpha)}}, \frac{1}{1 + r_k^{(\alpha)}} \right] \quad (16)$$

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

$$\begin{aligned} V_{\alpha} = & -A_0 + A_1 \left[\frac{1}{1 + s_1(\alpha)}, \frac{1}{1 + r_1(\alpha)} \right] \\ & + A_2 \left[\frac{1}{(1 + s_1(\alpha))(1 + s_2(\alpha))}, \frac{1}{(1 + r_1(\alpha))(1 + r_2(\alpha))} \right] \\ & + \dots + A_n \left[\frac{1}{(1 + s_1(\alpha))(1 + s_2(\alpha)) \dots (1 + s_n(\alpha))}, \frac{1}{(1 + r_1(\alpha))(1 + r_2(\alpha)) \dots (1 + r_n(\alpha))} \right] \end{aligned} \quad (17)$$

4. Resultados

De acuerdo a la aplicación de la metodología descrita, y en base a la expresión del VPN borroso se han obtenido los flujos de efectivo descontados para cada nivel de presunción, en el proyecto A, y el proyecto B; lo anterior generó los datos por cada uno de los periodos. En la Tabla 4, 5, 6, 7 y 8 se muestran los números borrosos V_{α} para el proyecto A. En la Tabla 11, 12, 13, 14 y 15 se muestran los valores obtenidos para el proyecto B. Mediante la expresión α - corte, se obtienen los intervalos de confianza para el flujo de efectivo del proyecto B con financiamiento en dólares y la compra de cobertura cambiaria en dólares en el mercado derivados mexicano; lo que permite realizar las operaciones borrosas en cada uno de los periodos considerando el financiamiento en dólares a una tasa libor del 2.5%.

4.1. Proyecto A

Se obtienen los valores del VPN borroso de los flujos de efectivo para el proyecto A, los cuales son positivos lo que significa que se recupera la inversión (ver Tabla 9). Por lo tanto, se puede establecer que el VPN borroso, a través de un nivel de presunción determinado, presenta distintas posibilidades para evaluar una inversión. Al analizar el financiamiento en pesos, se determina la TIR borrosa, ésta establece la capacidad del proyecto para la recuperación mínima de la inversión a una tasa de rendimiento o corte, en donde el inversor puede definir la TIR mínima para su aceptación, en la inversión del proyecto con financiamiento en pesos. Para el caso particular de empresas acuícolas, cada ciclo productivo es anual y la mayor inversión está representada en bienes de capital, por lo que el resultado obtenido con base en la aplicación de la TIR borroso representa los distintos valores de decisión. La Tabla 18, muestra el valor de máxima presunción NBT siendo 26.98 %, para límite superior es 37.81 % y para el límite inferior de 16.45 %; por lo que tienen distintos valores que permiten establecer la aceptación o rechazo del proyecto, esto es, que dependerá de las expectativas del inversor y por el nivel riesgo, como en el caso particular del sector acuícola considerada como actividad de alto riesgo. Sin embargo, si se analizan los rendimientos otorgados en una inversión de cetes del mercado de dinero es del 4.38 % con un riesgo cero o mínimo y considerando la prima de riesgo, de un rendimiento 6.57 %, por lo que el resultado de una alta tasa de retorno de la inversión (TIR) considerando la mínima presunción que equivale a la aplicación de la TIR tradicional. Esto permite tener una serie de posibilidades para la toma de decisiones por los inversionistas y poder tomar una mejor decisión considerando los escenarios futuros que se

pueden dar.

4.2. Proyecto B

Con el financiamiento en dólares del VPN borroso, se puede observar que los valores obtenidos de los flujos de efectivo son positivos, lo que significa que se recupera la inversión; con un máximo nivel de presunción de \$1,585,700.25, siendo el valor de mínima posibilidad de ocurrencia el de \$1,066,702.72 y en el más optimista de los casos 2'229,554.12 (ver Tabla 16). En cuanto al análisis del financiamiento en dólares con cobertura la cual es otorgada por los comercializadores realizado por contrato en dólares, a la tasa libor del 2.25 % anual considerada en el flujo de efectivo por cada uno de los años. Se determina la TIR con base en los flujos de efectivo borrosos, con lo que se establece la capacidad del proyecto para la recuperación mínima a una tasa de rendimiento o corte, en donde el inversionista puede definir la TIR mínima para aceptación, en la inversión de proyecto con financiamiento en dolares con cobertura. Para el caso particular de empresas acuícolas, cada ciclo productivo es anual y la mayor inversión en activos de capital, por lo que el resultado obtenido con base en la aplicación del TIR borroso es obtener distintos valores. El valor de maxima presunción (1) NBT, es igual a 43.14 %, para límite inferior (0) es a 33.41 % y para el límite superior de 52.97 %, por lo que se tienen distintos valores que permiten establecer la aceptación o rechazo de un proyecto con financiamiento en dólares, como se puede observar en la Figura 4.

Al comparar los dos proyectos se determina que el proyecto B puede generar en la incertidumbre 1.87 (1,585,700.25/845,543.32) veces más valor que el proyecto A, como se muestra en la Tabla 17. Sin embargo, para el caso de financiamiento en dólares, el inversor está expuesto a un riesgo cambiario, ya sea por la volatilidad de los mercados financieros o por la devaluación de la moneda, lo que implicaría un mayor pago de intereses que puede provocar una pérdida cambiaria y resultados negativos en los flujos de efectivo, con tasas negativas de rentabilidad como la TIR. Por otro lado, el uso de cobertura le permite a la organización cubrirse ante las variaciones del tipo de cambio, como se puede observar se tienen una mayor tasa interna de rendimiento en comparación, al financiamiento en pesos o moneda nacional (ver Tabla 18 y 19). Es importante considerar la cobertura de cambio y minimizar el riesgo cambiario ante la volatilidad de los mercados y factores exógenos en particular de la economía mexicana y estrechamente correlacionada con las tasas interés de Estados Unidos de América.

α	Año	Factor de descuento borroso				Total	1er Año
		383,746.07+119,700 α	588,946.07-85,500 α	1/1.09-0.01 α	1/1.07+0.01 α		
0	-1,335,411.00	383,746.07	588,946.07	0.91743	0.93457	352,060.61	550,416.89
0.1	-1,335,411.00	395,716.07	580,396.07	0.91827	0.93370	363,375.64	541,919.77
0.2	-1,335,411.00	407,686.07	571,846.07	0.91911	0.93283	374,711.46	533,438.50
0.3	-1,335,411.00	419,656.07	563,296.07	0.91996	0.93196	386,068.14	524,973.04
0.4	-1,335,411.00	431,626.07	554,746.07	0.92081	0.93109	397,445.74	516,523.34
0.5	-1,335,411.00	443,596.07	546,196.07	0.92165	0.93023	408,844.30	508,089.37
0.6	-1,335,411.00	455,566.07	537,646.07	0.92250	0.92936	420,263.90	499,671.07
0.7	-1,335,411.00	467,536.07	529,096.07	0.92336	0.92850	431,704.59	491,268.40
0.8	-1,335,411.00	479,506.07	520,546.07	0.92421	0.92764	443,166.42	482,881.33
0.9	-1,335,411.00	491,476.07	511,996.07	0.92506	0.92678	454,649.46	474,509.80
1	-1,335,411.00	503,446.07	503,446.07	0.92592	0.92592	466,153.77	466,153.77

En esta tabla, se realiza las operaciones borrosas NBT triangulares los flujos de efectivo para el primer año, el cual se determina para los distintos niveles de presunción, expresada en la siguiente ecuación: $383,746.07 + 119,700 \alpha$ y $588,946.07 - 85,500 \alpha$. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el primer año.

α	Factor de descuento borroso		borroso		Total	2do Año
	$416,236.07+89,775\alpha$	$613,741.07-107,730\alpha$	$1/(1.09-0.01\alpha)$	$(1.08-0.01\alpha)$		
0	416,236.07	613,741.07	0.84947		353,581.44	541,122.44
0.1	425,213.57	602,968.07	0.85104		361,874.34	530,627.14
0.2	434,191.07	592,195.07	0.85261		370,197.28	520,170.22
0.3	443,168.57	581,422.07	0.85419		378,550.39	509,751.51
0.4	452,146.07	570,649.07	0.85577		386,933.79	499,370.87
0.5	461,123.57	559,876.07	0.85735		395,347.61	489,028.12
0.6	470,101.07	549,103.07	0.85894		403,791.97	478,723.11
0.7	479,078.57	538,330.07	0.86054		412,266.99	468,455.68
0.8	488,056.07	527,557.07	0.86214		420,772.81	458,225.69
0.9	497,033.57	516,784.07	0.86374		429,309.55	448,032.96
1	506,011.07	506,011.07	0.86535		437,877.35	437,877.35

En esta tabla, se realiza el mismo procedimiento obteniendo los flujos de efectivo para el segundo año, el cual se determina para los distintos niveles de presunción, expresada en la siguiente ecuación: $416,236.07 + 89,775\alpha$ y $613,741.07 - 107,730\alpha$. Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el segundo año.

α	Factor de descuento borroso		borroso		Total	3er Año
	$356,086.82+113,116.50\alpha$	$601,172.57-131,969.25\alpha$	$1/(1.09-0.01\alpha)$	$(1.08-0.01\alpha)$		
0	356,086.82	601,172.57	0.79390		282,697.43	504,801.01
0.1	367,398.47	587,975.64	0.79610		292,489.52	492,324.86
0.2	378,710.12	574,778.72	0.79832		302,334.70	479,916.45
0.3	390,021.77	561,581.79	0.80055		312,233.27	467,575.41
0.4	401,333.42	548,384.87	0.80278		322,185.52	455,301.35
0.5	412,645.07	535,187.94	0.80503		332,191.75	443,093.92
0.6	423,956.72	521,991.02	0.80728		342,252.26	430,952.73
0.7	435,268.37	508,794.09	0.80954		352,367.35	418,877.42
0.8	446,580.02	495,597.17	0.81180		362,537.32	406,867.62
0.9	457,891.67	482,400.24	0.81408		372,762.48	394,922.98
1	469,203.32	469,203.32	0.81636		383,043.13	383,043.13

En esta tabla, se determinan los flujos para el tercer año se tiene la expresión de la ecuación de la operación borrosa en donde es la extensión por parte de cada uno de los años de manera acumulada obteniendo valores que por el efecto del tiempo los flujos borrosos menores por cada uno de los distintos niveles de presunción entre (0,1) con la operación borrosa expresada en la siguiente ecuación: $356,086.82 + 113,116.50\alpha$ y $601,172.57 - 131,969.25\alpha$. Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el tercer año.

α	Factor de descuento borroso		borroso		Total	4to Año
	$367,398.47+118,772.33\alpha$	$644,533.89-158,363.10\alpha$	$1/(1.09-0.01\alpha)$	$(1.08-0.01\alpha)$		
0	367,398.47	644,533.89	0.74896		275,167.69	520,395.43
0.1	379,275.70	628,697.58	0.75175		285,122.85	505,688.98
0.2	391,152.93	612,861.27	0.75456		295,149.47	491,088.11
0.3	403,030.16	597,024.96	0.75738		305,248.05	476,592.08
0.4	414,907.40	581,188.65	0.76021		315,419.08	462,200.18
0.5	426,784.63	565,352.34	0.76306		325,663.06	447,911.67
0.6	438,661.86	549,516.03	0.76592		335,980.50	433,725.83
0.7	450,539.09	533,679.72	0.76879		346,371.91	419,641.96
0.8	462,416.33	517,843.41	0.77168		356,837.80	405,659.35
0.9	474,293.56	502,007.10	0.77458		367,378.69	391,777.29
1	486,170.79	486,170.79	0.77749		377,995.10	377,995.10

En esta tabla, se muestran el cuarto año, se realizan las operaciones borrosas para la determinación de los flujos efectivos, expresado en la siguiente ecuación: $367,398.47 + 118,772.33\alpha$ y $644,533.89 - 158,363.10\alpha$. Con lo que podemos definir los distintos niveles presunción para cada uno de los niveles entre (0,1). Elaboración propia.

Tabla 7. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el cuarto año.

α			Factor de descuento borroso		Total	5to Año
			$1/(1.09-0.01\alpha)(1.08-0.01\alpha)$	$1/(1.07+0.01\alpha)(1.06+0.01\alpha)$		
			$(1.07-0.01\alpha)(1.06-0.01\alpha)$	$(1.05+0.01\alpha)(1.04+0.01\alpha)$		
	$586,137.50+103,925.78\alpha$	$877,129.69-187,066.41\alpha$	$(1.05-0.01\alpha)$	$(1.03+0.01\alpha)$		
0	586,137.50	877,129.69	0.71329	0.78388	418,090.51	687,565.87
0.1	596,530.08	858,423.05	0.71664	0.78015	427,497.78	669,706.33
0.2	606,922.66	839,716.41	0.72000	0.77645	436,985.97	652,003.89
0.3	617,315.23	821,009.77	0.72338	0.77277	446,555.72	634,457.21
0.4	627,707.81	802,303.13	0.72678	0.76911	456,207.72	617,065.02
0.5	638,100.39	783,596.49	0.73020	0.76547	465,942.63	599,826.03
0.6	648,492.97	764,889.85	0.73364	0.76186	475,761.15	582,738.97
0.7	658,885.55	746,183.21	0.73709	0.75826	485,663.94	565,802.58
0.8	669,278.13	727,476.57	0.74057	0.75468	495,651.71	549,015.61
0.9	679,670.70	708,769.93	0.74407	0.75112	505,725.16	532,376.82
1	690,063.28	690,063.28	0.74759	0.74759	515,884.98	515,884.98

De la misma manera, en esta tabla se presentan los flujos para el quinto año, en el cual se puede expresar el efecto de actualización de los valores obtenidos, en la operación de números borroso en los flujos de cada uno de los distintos niveles de presunción en la siguiente ecuación: $586,137.50 + 103,925.78\alpha$ y $877,129.69 - 187,066.41\alpha$. Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el quinto año.

α	$A_0 = -1,335,411.00$	
0	346,186.69	1,468,890.63
0.1	394,949.13	1,404,856.08
0.2	443,967.89	1,341,206.16
0.3	493,244.58	1,277,938.25
0.4	542,780.85	1,215,049.76
0.5	592,578.36	1,152,538.10
0.6	642,638.78	1,090,400.71
0.7	692,963.78	1,028,635.05
0.8	743,555.07	967,238.60
0.9	794,414.34	906,208.85
1	845,543.32	845,543.32

En esta tabla, se obtiene el número borroso triangular del $V_{\alpha} A$ (346,186.69; 845,543.32; 1,468,890.63); donde el máximo nivel de presunción del VPN para el proyecto A es de 845,543.32, en el peor de los casos el proyecto generaría un valor por tan sólo 346,186.69 y en el más optimista un valor por 1,468,890.63.

Tabla 9. Niveles de presunción de los números borrosos para VPN, del proyecto A.

Flujo de efectivo	Intervalo de confianza
FF_1	$[562,842.36 + 119,700\alpha, 768,042.36 - 85,500\alpha]$
FF_2	$[595,332.36 + 89,775\alpha, 792,837.36 - 107,730\alpha]$
FF_3	$[535,183.11 + 113,116.50\alpha, 780,268.38 - 131,969.25\alpha]$
FF_4	$[546,494.76 + 118,772.33\alpha, 823,630.18 - 158,363.10\alpha]$
FF_5	$[765,233.79 + 103,925.78\alpha, 1,056,225.99 - 187,066.41\alpha]$

En esta tabla, se presentan los intervalos de confianza para los flujos de efectivo del proyecto B con financiamiento en dólares. Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Intervalos de los flujos de efectivo en la expresión α - corte para el proyecto.

α	Factor descuento borroso		borroso		Total 1er Año	
	$562,842.36 + 119,700\alpha$	$768,042.36 + 85,500\alpha$	$1/1.09 - 0.01\alpha$	$1/1.07 + 0.01\alpha$		
0	562,842.36	768,042.36	0.91743	0.93458	516,369.14	717,796.60
0.1	574,812.36	759,492.36	0.91827	0.93371	527,835.04	709,143.19
0.2	586,782.36	750,942.36	0.91912	0.93284	539,322.02	700,505.93
0.3	598,752.36	742,392.36	0.91996	0.93197	550,830.14	691,884.77
0.4	610,722.36	733,842.36	0.92081	0.93110	562,359.45	683,279.66
0.5	622,692.36	725,292.36	0.92166	0.93023	573,910.01	674,690.57
0.6	634,662.36	716,742.36	0.92251	0.92937	585,481.88	666,117.43
0.7	646,632.36	708,192.36	0.92336	0.92851	597,075.12	657,560.22
0.8	658,602.36	699,642.36	0.92421	0.92764	608,689.80	649,018.89
0.9	670,572.36	691,092.36	0.92507	0.92678	620,325.96	640,493.38
1	682,542.36	682,542.36	0.92593	0.92593	631,983.67	631,983.67

Con base en la expresión del VPN borroso para el proyecto B, en esta tabla se obtienen los números borrosos para el primer año se tiene la ecuación $562,842.36 + 119,700\alpha$ y $768,042.36 + 85,500\alpha$ para determinación los flujos borrosos descontados del primer año para cada uno de los distintos niveles de presunción entre (0,1). Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el primer año del proyecto B.

α	Factor descuento borroso		borroso		Total 2do Año	
	$595,332.36 + 89,775\alpha$	$792,837.36 - 107,730\alpha$	$1/(1.09-0.01\alpha)(1.08-0.01\alpha)$	$1/(1.07+0.01\alpha)(1.06+0.01\alpha)$		
0	595,332.36	792,837.36	0.84947	0.88168	505,718.96	699,027.83
0.1	604,309.86	782,064.36	0.85104	0.88003	514,292.69	688,236.40
0.2	613,287.36	771,291.36	0.85261	0.87838	522,897.25	677,484.19
0.3	622,264.86	760,518.36	0.85419	0.87673	531,532.75	666,771.02
0.4	631,242.36	749,745.36	0.85577	0.87509	540,199.33	656,096.74
0.5	640,219.86	738,972.36	0.85736	0.87346	548,897.10	645,461.17
0.6	649,197.36	728,199.36	0.85895	0.87183	557,626.21	634,864.17
0.7	658,174.86	717,426.36	0.86054	0.87020	566,386.78	624,305.57
0.8	667,152.36	706,653.36	0.86214	0.86858	575,178.95	613,785.20
0.9	676,129.86	695,880.36	0.86374	0.86696	584,002.83	603,302.92
1	685,107.36	685,107.36	0.86535	0.86535	592,858.57	592,858.57

En esta tabla se presentan los flujos para el segundo año y se obtiene la ecuación para la operación de números borroso expresado por: $595,332.36 + 89,775\alpha$ y $792,837.36 - 107,730\alpha$. Así como los distintos niveles de presunción entre (0,1). Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el segundo año.

α	Factor de descuento borroso		borroso		Total 3er Año	
	$535,183.11 + 113,116.5\alpha$	$780,268.86 - 131,969.25\alpha$	$1/(1.09-0.01\alpha)(1.08-0.01\alpha)$ (1.07-0.01 α)	$1/(1.07+0.01\alpha)(1.06+0.01\alpha)$ (1.05+0.01 α)		
0	535,183.11	780,268.86	0.79390	0.83969	424,882.03	655,187.09
0.1	546,494.76	767,071.93	0.79611	0.83732	435,069.83	642,286.10
0.2	557,806.41	753,875.01	0.79833	0.83496	445,312.20	629,454.45
0.3	569,118.06	740,678.08	0.80055	0.83260	455,609.43	616,691.75
0.4	580,429.71	727,481.16	0.80279	0.83026	465,961.82	603,997.62
0.5	591,741.36	714,284.23	0.80503	0.82792	476,369.68	591,371.69
0.6	603,053.01	701,087.31	0.80728	0.82559	486,833.32	578,813.58
0.7	614,364.66	687,890.38	0.80954	0.82327	497,353.05	566,322.91
0.8	625,676.31	674,693.46	0.81181	0.82096	507,929.16	553,899.30
0.9	636,987.96	661,496.53	0.81408	0.81866	518,561.98	541,542.40
1	648,299.61	648,299.61	0.81637	0.81637	529,251.82	529,251.82

En esta tabla, se presentan los flujos para el tercer año, y se obtiene la ecuación para realizar la operación de número borroso expresado con $535,183.11 + 113,116.5\alpha$ y $780,268.86 - 131,969.25\alpha$, prosiguiendo en la obtención de los flujos borrosos para cada uno de los distintos niveles de presunción entre (0,1). Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el tercer año.

α	$546,494.76 + 118,772.33\alpha$	$823,630.18 - 158,363.10\alpha$	$\frac{1}{(1.09-0.01\alpha)(1.08-0.01\alpha)}$ $(1.07-0.01\alpha)(1.06-0.01\alpha)$	$\frac{1}{(1.07+0.01\alpha)(1.06+0.01\alpha)}$ $(1.05+0.01\alpha)(1.04+0.01\alpha)$	Total	4to Año
0	546,494.76	823,630.18	0.74896	0.80740	409,304.11	664,997.44
0.1	558,371.99	807,793.87	0.75176	0.80434	419,759.60	649,743.97
0.2	570,249.22	791,957.56	0.75456	0.80130	430,288.88	634,598.66
0.3	582,126.46	776,121.25	0.75738	0.79828	440,892.47	619,560.77
0.4	594,003.69	760,284.94	0.76022	0.79527	451,570.87	604,629.55
0.5	605,880.92	744,448.63	0.76306	0.79227	462,324.61	589,804.27
0.6	617,758.15	728,612.32	0.76592	0.78929	473,154.18	575,084.20
0.7	629,635.39	712,776.01	0.76879	0.78632	484,060.13	560,468.60
0.8	641,512.62	696,939.70	0.77168	0.78336	495,042.97	545,956.75
0.9	653,389.85	681,103.39	0.77458	0.78042	506,103.24	531,547.95
1	665,267.08	665,267.08	0.77749	0.77749	517,241.47	517,241.47

En esta tabla se presentan los resultados para el cuarto año, se obtiene la ecuación para realizar las operaciones borrosas la cual esta expresada: $546,494.76 + 118,772.33\alpha$ y $823,630.18 - 158,363.10\alpha$, en donde se obtiene los distintos flujos para cada uno de los distintos niveles de presunción entre (0,1). Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el cuarto año.

α	$765,233.79 + 103,925.78\alpha$	$1,056,225.99 - 187,066.41\alpha$	$\frac{1}{(1.09-0.01\alpha)(1.08-0.01\alpha)}$ $(1.07-0.01\alpha)(1.06-0.01\alpha)$ $(1.05-0.01\alpha)$	$\frac{1}{(1.07+0.01\alpha)(1.06+0.01\alpha)}$ $(1.05+0.01\alpha)(1.04+0.01\alpha)$ $(1.03+0.01\alpha)$	Total	5to Año
0	765,233.79	1,056,225.99	0.71330	0.78388	545,839.48	827,956.16
0.1	775,626.37	1,037,519.35	0.71664	0.78016	555,845.49	809,429.89
0.2	786,018.95	1,018,812.71	0.72000	0.77646	565,935.79	791,064.50
0.3	796,411.53	1,000,106.06	0.72338	0.77278	576,111.04	772,858.65
0.4	806,804.10	981,399.42	0.72678	0.76912	586,371.96	754,811.04
0.5	817,196.68	962,692.78	0.73020	0.76548	596,719.23	736,920.34
0.6	827,589.26	943,986.14	0.73364	0.76186	607,153.56	719,185.27
0.7	837,981.84	925,279.50	0.73710	0.75826	617,675.65	701,604.54
0.8	848,374.42	906,572.86	0.74058	0.75468	628,286.23	684,176.88
0.9	858,767.00	887,866.22	0.74407	0.75113	638,986.01	666,901.03
1	869,159.58	869,159.58	0.74759	0.74759	649,775.72	649,775.73

En esta tabla se presentan los flujos para el último año de la evaluación de la inversión de financiamiento con dólares, y se obtiene la ecuación expresada en $765,233.79 + 103,925.78\alpha$ y $1,056,225.99 - 187,066.41\alpha$, que permite realizar la operación con números borrosos obteniendo distintos flujos para cada uno de los niveles de presunción entre (0,1). Fuente: elaboración propia.

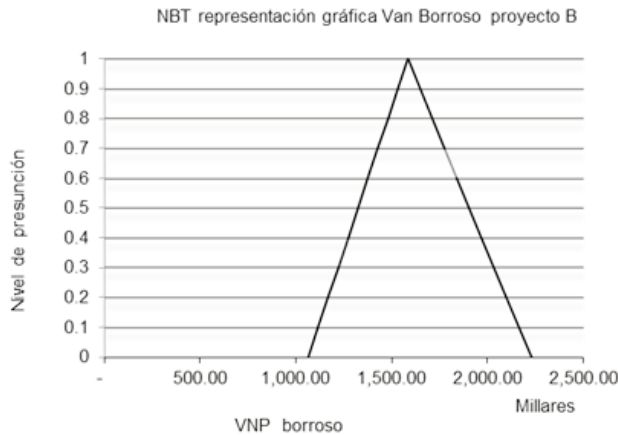
Tabla 15. Flujos de efectivo y factor de actualización borroso para el quinto año.

Dado lo anterior se tiene el número borrosos triangular del $V_0B(1'066,702.72; 1'585,700.25; 2'229,554.12)$ del cual se obtiene en la Tabla 16.

Nivel de presunción	V_0 borroso	Proyecto B
0	1,066,702.72	2,229,554.10
0.1	1,117,391.66	2,163,420.55
0.2	1,168,345.14	2,097,696.72
0.3	1,219,564.83	2,032,355.96
0.4	1,271,052.43	1,967,403.61
0.5	1,322,809.63	1,902,837.05
0.6	1,374,838.16	1,838,653.65
0.7	1,427,139.72	1,774,850.84
0.8	1,479,716.11	1,711,426.03
0.9	1,532,569.02	1,648,376.68
1	1,585,700.25	1,585,700.25

En esta tabla, se muestran los VNP borrosos descontados para el proyecto B, en donde se observa los distintos niveles de presunción; en la cual se denota un intervalo de máximo superior con un nivel de pertenencia de 1 con un flujo de $1,585,700.25$; en el extremo superior representado con un flujo mínimo esperado de $1,066,702.72$. Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Niveles de presunción del NBT para VPN del proyecto B.



En esta figura se muestra los valores obtenidos del VNP borroso para el caso de financiamiento en dólares, con los distintos niveles de presunción entre (0,1); en donde muestra los extremos superiores e inferiores correspondientes a un valor para cada nivel de presunción, por ejemplo, con un nivel de máxima presunción de 1 se tiene un VNP borroso de \$1,585,000.00 y con un nivel presunción de 0 de \$1,066,702.72. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Representación gráfica NBT VNP borroso triangular para el proyecto B.

α	V_n borroso proyecto A	V_n borroso proyecto B
0	346,186.69	1,066,702.72
0.1	394,949.13	1,117,391.66
0.2	443,967.89	1,168,345.14
0.3	493,244.58	1,219,564.83
0.4	542,780.85	1,271,052.43
0.5	592,578.36	1,322,809.63
0.6	642,638.78	1,374,838.16
0.7	692,963.78	1,427,139.74
0.8	743,555.07	1,479,716.11
0.9	794,414.34	1,532,569.02
1	845,543.32	1,585,700.25

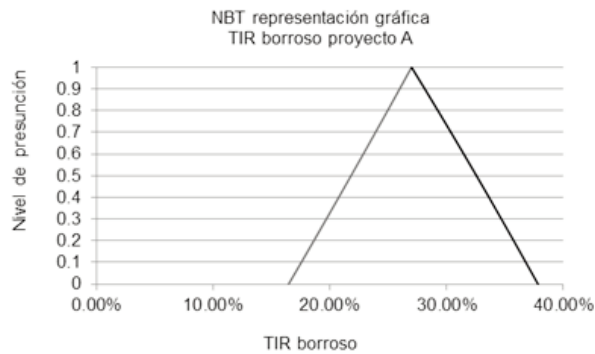
En esta tabla, se muestra el concentrado de los flujos descontados del proyecto A con financiamiento en pesos y el proyecto B, con financiamiento en dólares; en el cual se aplicó el costo de la prima por cobertura cambiaria. Por lo que se puede afirmar que el proyecto B es más viable que el proyecto A. Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Niveles de presunción para VPN del proyecto A y B.

α -corte	TIR borroso Proyecto A
0	16.45%
0.1	17.54%
0.2	18.61%
0.3	19.68%
0.4	20.74%
0.5	21.80%
0.6	22.85%
0.7	23.89%
0.8	24.93%
0.9	25.96%
1	26.98%

En esta tabla se presentan los resultados obtenidos al calcular la TIR borrosa del proyecto A con financiamiento en pesos, donde se observa que el máximo nivel de presunción es de 26.98%; lo que significa que la inversión se recupera a la tasa mínima de corte, es decir por encima de esta tasa, la inversión ya no es viable. Sin embargo, en el extremo inferior la tasa mínima de corte es 16.45%; lo que indica que se tienen distintos niveles de tasas de rendimiento. Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Niveles de presunción del NBT para TIR borroso del proyecto A.



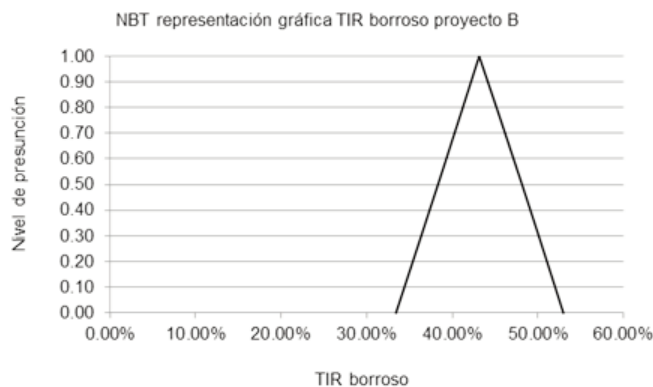
En esta figura se muestra los valores obtenidos de la TIR borroso para caso de financiamiento con moneda nacional pesos mexicanos, con los distintos niveles de presunción entre (0,1) en donde muestra los extremos superiores e inferiores correspondientes a un valor para cada nivel de presunción, por ejemplo, con un nivel de presunción de 0.5 se obtienen tasa mínima del 21.80% y tasa máxima del 32.54%. Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Representación gráfica del NBT de TIR borroso del proyecto A.

<i>a-corte</i>	TIR borroso	Proyecto B
0	33.41%	52.97%
0.1	34.40%	52.02%
0.2	35.38%	51.06%
0.3	36.36%	50.10%
0.4	37.34%	49.13%
0.5	38.32%	48.15%
0.6	39.29%	47.16%
0.7	40.25%	46.17%
0.8	41.22%	45.17%
0.9	42.18%	44.16%
1	43.14%	43.14%

En esta tabla se presentan los resultados obtenidos al calcular la TIR borrosa del proyecto B con financiamiento en dólares, donde se observa que el máximo nivel de presunción es de 43.14%; lo que significa que la inversión se recupera a la tasa mínima de corte, es decir por encima de esta tasa, la inversión ya no es viable. Sin embargo, en el extremo inferior la tasa mínima de corte es 33.41%; lo que indica que se tienen distintos niveles de tasas de rendimiento. Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Niveles de presunción del NBT para TIR borroso del proyecto B.



En esta figura se muestra los valores obtenidos de la TIR borroso para caso de financiamiento con dólares con los distintos niveles de presunción entre (0,1) en donde muestra los extremos superiores e inferiores correspondientes a un valor para cada nivel de presunción, por ejemplo, con 0.50 se obtienen tasa mínima del 38.32% y tasa máxima del 48.15%. Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Representación gráfica NBT de TIR borroso triangular para proyecto B financiamiento dólares.

5. Conclusiones

En la actualidad, los modelos matemáticos proporcionan respuestas que no captan con precisión el grado de incertidumbre de los mercados financieros y, por consiguiente, la decisión se reduce a elegir entre un modelo preciso pero que no refleje la realidad y un modelo vago, pero más adecuado a la misma. Por lo tanto, la incursión de la lógica difusa en los esquemas que tradicionalmente han sido utilizados para enfrentar los problemas de decisión en el ámbito de la actividad empresarial, es cada vez más amplia; enriqueciendo la ciencia financiera.

Con la aplicación de números borroso triangulares permite disponer de un mayor número de alternativas, que conlleva a tener más información ante distintos escenarios de tasas de interés, lo que posibilita a la dirección para analizar una gama de alternativa al momento de la evaluación financiera de cualquier proyecto, que presente alto grado de incertidumbre en contraparte a los métodos tradicionales conocidos con la aplicación de lógica binaria y sus limitaciones de gradualidad, con la finalidad de captar con mayor precisión la percepción humana.

Con la aplicación del VNP borroso y TIR borroso se evalúa la viabilidad económica y financiera de la organización al considerarse coberturas y financiamiento en dólares; y sin cobertura y con financiamiento en pesos. De los resultados se puede concluir que, en la organización acuícola, por ser un mercado de alto riesgo, es pertinente aplicar coberturas y financiamiento en dólares dado que, en comparación con el financiamiento en pesos, el primero representa un mayor índice de rentabilidad y, por consiguiente, le permite minimizar el riesgo cambiario y, en consecuencia, incrementar la rentabilidad.

Empero que se lograron los objetivos de la investigación, por lo que se recomienda la aplicación de la lógica difusa de manera amplia en el campo de la ciencia financiera; y de igual manera, explorar otros campos y sectores productivos. Además, otra línea de investigación como las finanzas corporativas y otros instrumentos del mercado de derivados como coberturas de tasas de interés, acciones, warrant, entre otros; y en general en todo el campo de las ciencias económico-financieras.

Cómo citar este artículo / How to cite this paper

Muñoz, M.; Avilés, E.; Miranda, E. L. (2016). La Lógica Difusa para la evaluación económica y financiera de opciones cambiarias: El caso de la producción acuícola. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 3(1), 54-73. (www.ijisebc.com)

Referencias

- Bachelier, Louis (1900). *Théorie de la Spéculation*. Ph.D. dissertation, l'Ecole Normale Supérieure. English Translation in Paul H. Cootner, ed. *The Random Character of Stock Market Prices*. Cambridge, MA: MIT Press, 1964, 17-78).
- Black, F., Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate. *Journal of Political Economy*, 637-654.
- Bodie, Z. y Merton, R. (1999). *Finanzas*. México: Prentice Hall.
- Boness, James A. (1964). Elements of a Theory of Stock-Option Values. *Journal of Political Economy*, 72(2), 163-175.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-328.
- Brown, Robert (1827). On the Particles Contained in the Pollen of Plants and on the General Existence of Active Molecules in Organic and Inorganic bodies. Not published (Reprinted by *Philosophical Journal*, 1828, 358-371).
- Chang, Y. y Hung M. (2003). Nonparametric Estimation for Risk in Value-at-Risk Estimator. *Marcel Dekker, Inc.*, 32(4), 1041-1064.
- Deloitte (2005). www.deloitte.com/us/valuekillers. 18 de Marzo de 2009, de www.deloitte.com/us/valuekillers.
- De Lara, A. (2008). *Medición y control de riesgos financieros*. México, D.F.: Limusa.
- Engle, R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50, 987-1007.
- (FIRA), (2009). *Situación Actual y Perspectivas del Camarón en México*. Boletín Informativo (3), 9-104.

Muñoz, M.; Avilés, E.; Miranda, E. L. (2016). La Lógica Difusa para la evaluación económica y financiera de opciones cambiarias: El caso de la producción acuícola. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 3(1), 54-73.

- Galant, M. y B. Dolan (2007). *Currency Trading For Dummies*. U.S.:Wiley Publishing, Inc.
- Gil-Aluja, J. (1996). Towards a New Paradigm of Investment Selection in Uncertainty. *Fuzzy Sets and Systems*, 84(2), 187-197.
- Gil-Aluja, J. (2004). *Fuzzy Sets in the Management of Uncertainty*. Germany: Springer.
- Gil-Aluja, J. (1996). Towards a New Paradigm of Investment Selection in Uncertainty. *Fuzzy Sets and Systems*, 84(2), 187-197.
- González, F., Flores J. y Flores B. (2000). *La incertidumbre en la evaluación financiera de las empresas*. Morelia, México: Fegosa Ingeniería Administración y la FCA-UMSNH.
- Griffin, R. y Ebert, R. (2005). *Negocios*. New York: Pearson Education.
- Gutierrez, J. (2006). Aplicación de conjuntos borrosos a las decisiones de inversión. *AD-MINISTER UNIVERSIDAD EAFIT*(9), 62-85.
- Harrington, N. (1999). *Risk management and insurance*. New York : Mc Graw Hill.
- Heston, S. (1993). A Closed-form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options. *The Review of Financial Studies*, 6, 327-343.
- Hull, J. y White, A. (1987). The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities. *Journal of Financial*, 42(2), 281-300.
- Hull, J. y White, A. (1988). The Use of the Control Variate Technique in Option Pricing. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 23(3), 237-251.
- Hull, J. y White, A. (1996). Using Hull-White Interest Rate Trees. *Journal of Derivatives*, 1-17.
- Hull, J. y Suo, W. (2002). A Methodology for Assessing Model Risk and its Application to the Implied Volatility Function Model. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*,(2), 297-318.
- Hull, J. (2009). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. México: Pearson.
- J.P. Morgan (1995). *Risk Metrics Technical Manual*. New York: J.P. Morgan Bank.
- Jorion, P. (1996). Risk: Measuring the Risk in Value at Risk. *Financial Analysis Journal*, 47-56.
- Jorion, P. (1999). *Valor en riesgo*. México: Limusa.
- Jorion, P. (2002). How Informative Are Value-at-Risk Disclosures? *The Accounting Review*, 911-923.
- Jorion, P. (2009). *Valor en riesgo: El nuevo paradigma para el control de riesgos con derivados/ Value at risk* (González Herrera tr.). México: Limusa.
- Kaufmann, A. (1972). *Theory of Fuzzy Sets*. Paris: Masson.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Milladoiro.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1987). *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Barcelona: Hispano-Europea.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1990). *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre: elementos básicos para su aplicación en economía*. España: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Latané, H., y Rendleman, R. (1976). Standard Deviations of Stock Price Ratios Implied in Option Prices. *Journal of Finance*, 31, 369-381.
- Lee C., Tzeng G., y Wang S. (2005). A new application of fuzzy set theory to the Black-Scholes option pricing model. *Expert S*, 330-342.
38. Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review Economics Statistics*, 47, págs. 768-783.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *American Finance association*, 1-162.
- Mansell, C. (1992). *Las Nuevas Finanzas en Mexico*. Mexico: Editorial Milenio, S.A. de C.V.
- Mansell, C. (2007). *Las Nuevas Finanzas en México*. México: ITAM.
- Mantilla, S. (1998). *Control Interno de los Nuevos Instrumentos Financieros*. Bogotá: Ecoc Ediciones.
- Merton, R. (1969). Lifetime Portfolio Selection Under Uncertainty: The Continuous-Time Case. *Review of Economics and Statistics*, 57(3), 247-257.
- Merton, R. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), 141-183.
- 45.
- Merton, R. (1998). Application of Option-Pricing Theory: Twenty-Five Years Later. *The American Economic Review*, 88(3), 323-349.
- Mirabal, T. (2004). La auditoría interna y la administración del riesgos. *Administración de Riesgos y Seguros Iberoamerica*, 1-68.
- Muñoz, M. y Avilés, E. (2014). La incorporación de la lógica difusa al modelo Black-Scholes, para la determinación del precio de la opción cambiaria Mexicana. *RIAF*, 7(7), 55-68.
- Osborne, M. F. (1959). Brownian Motion in the Stock Market. *Operations Research*, 7(2), 145-173.
- Porter, M. (1987). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México: CECSA.
- Samuelson, P. A. (1965). Rational Theory of Warrant Pricing. *Industrial Management Review*, 6(2), págs. 13-31.
- Sharpe, William F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Ross W. (2005). *Finanzas corporativas*. 7ª edición. México: McGraw-Hill.
- Scott, E., y A. Tucker (1989). Predicting Currency Return Volatility. *Journal of Banking and Finance*, 13, 839-851.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L. (1968). Probability measures of fuzzy events. *Journal of mathematical, analysis and applications*, 23(2), 421-427.
- Zadeh, L. (1972). A Fuzzy Set Theoretical Interpretation of Linguistic Hedges. *Journal of Cybernetics*, 2(1), 4-34.